



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITECNICA DE
INGENIERIA DE MINAS Y ENERGIA



TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos

Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora para un bloque de viviendas

**Study of energy efficiency and improvement proposals for a
flats block**

Autor: ADRIAN NIETO DEL SOTO

Director: JUAN CARCEDO HAYA

Convocatoria: Diciembre 2019

INDICE

1. Introducción.....	1
1.1. Emplazamiento	1
1.1.1. Ubicación geográfica.....	1
1.1.2. Localización del edificio	2
1.2. Estudio del medio.....	4
1.2.1. Medio social	4
1.2.2. Medio físico.....	8
1.2.3. Medio biótico	13
2. Objetivos y alcance del proyecto	14
2.1. Objetivos.....	14
2.2. Alcance	15
3. Estado del arte	16
3.1. Energía solar.....	16
3.1.1. Instalación de células fotovoltaicas	16
3.1.2. Instalación de los paneles solares térmicos.....	20
3.1.3. Tejas solares	22
3.2. Biomasa	24
3.2.1. Definición y funcionamiento	24
3.2.2. Usos y aplicaciones.....	24
3.2.3. Tipos de biomasa.....	24
3.2.4. Ventajas e inconvenientes	25
3.2.5. Impacto ambiental.....	26
3.3. Recursos geotérmicos	27
3.3.1. Funcionamiento.....	28
3.3.2. Componentes de una bomba de calor.....	29
3.3.3. Métodos de exploración	29
3.3.4. Bomba de calor geotérmico	30
3.3.5. Ventajas y desventajas.....	32
4. Estudio energético del edificio en su estado actual (CE3X).....	33
4.1. Datos administrativos.....	33
4.2. Datos generales.....	35
4.3. Envolvente térmica.....	38
4.3.1. Cubierta.....	38

4.3.2. Muro	41
4.3.3. Partición interior.....	43
4.3.4. Huecos o lucernarios	43
4.3.5. Puente térmico.....	44
4.4. Instalación actual sin la aplicación de ninguna mejora	47
4.5. Calificación energética del edificio sin ninguna mejora	48
5. Instalaciones de las medidas de mejora.....	49
5.1. Mejora 1: Caldera de biomasa	49
5.2. Mejora 2: Paneles solares fotovoltaicos.....	53
5.3. Mejora 3: Bomba de calor	57
5.4. Mejora 4: Paneles solares térmicos	60
5.5. Análisis económico de las mejoras.....	67
5.6. Informe de CE3X.....	77
6. Conclusión: Elección de la mejor alternativa.....	87
7. Bibliografía.....	88

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1: Localización de Cantabria en España. Fuente: Can Stock Photo	1
Ilustración 1.2: Localización de Santander en Cantabria. Fuente: Archivo Santander (Cantabria) Mapa.svg	1
Ilustración 1.3: Edificio del que realizaremos el estudio, visto en planta. Fuente: Google maps ..	2
Ilustración 1.4: Edificio del que realizaremos el estudio, vista en alzado. Fuente: Google maps ..	2
Ilustración 1.5: Grafica de la evolución de la población en Santander. Fuente: Foro-ciudad.....	4
Ilustración 1.6: Grafica de la población de Santander-2018. Fuente: INE	5
Ilustración 1.7: Distribución de la contratación de los sectores económicos. Fuente: Sistema de Información de los Servicios Públicos de Empleo.....	6
Ilustración 1.8: Tasa de actividad de Cantabria en función del sexo. Fuente: INE	7
Ilustración 1.9: Clasificación climática de Koppen en España. Fuente: AEMET	8
Ilustración 1.10: Climatología de Santander centro del 2000-2015. Fuente: Meteocantabria...10	
Ilustración 1.11: Distribución de la irradiación global media diaria en España. Fuente: AEMET ..	11
Ilustración 1.12: Media diaria de radiación en Santander. Fuente: AEMET.....	11
Ilustración 1.13: Representación de la irradiación solar media en Santander. Fuente: AEMET ..	13
Ilustración 3.1: Esquema del proceso de los paneles solares térmicos. Fuente: Agencia Andaluza de energía	20
Ilustración 3.2: Anillo de fuego. Fuente: Apuntes de Renewable and alternative energies	27
Ilustración 3.3: Mapa de temperaturas de Europa. Fuente: Apuntes de Renewable and alternative energies	28
Ilustración 3.4: Ciclo de refrigeración y bombas de calor. Fuente: Apuntes Termodinámica y maquinas térmicas.....	28
Ilustración 3.5: Comparativa del captador vertical y el horizontal	31
Ilustración 4.1: Menú de inicio	33
Ilustración 4.2: Datos administrativos	34
Ilustración 4.3: Datos generales y definición del edificio.....	35
Ilustración 4.4: Zona climática de la península ibérica	36
Ilustración 4.5: Tabla de consumo de ACS, DB HE-4.	37
Ilustración 4.6: Envolverte térmica del edificio, Cubierta	38
Ilustración 4.7: Librería de cerramientos en cubierta.....	39
Ilustración 4.8: Formula de la resistencia total	40
Ilustración 4.9: Resistencia térmicas de cerramientos en contacto con el aire exterior	40
Ilustración 4.10: Sumatorio de las resistencias que intervienen en la cubierta.....	40
Ilustración 4.11: Transmitancia térmica.....	40
Ilustración 4.12: Librería de cerramientos muros	41
Ilustración 4.13: Formula de la resistencia total	42
Ilustración 4.14: Resistencia térmicas de cerramientos en contacto con el aire exterior	43
Ilustración 4.15 Sumatorio de las resistencias que intervienen en la cubierta.....	43
Ilustración 4.16: Transmitancia térmica.....	43
Ilustración 4.17: Pilar integrado en fachada.....	44
Ilustración 4.18: Pilar de esquina.....	45
Ilustración 4.19: Contorno de hueco	45

Ilustración 4.20: Caja de persianas	46
Ilustración 4.21: Encuentro de fachada con cubierta	46
Ilustración 4.22: Instalaciones	47
Ilustración 4.23: Calificación energética del edificio.....	48
Ilustración 5.1: Mejora 1: Caldera de biomasa.....	49
Ilustración 5.2: Instalación de caldera de biomasa de pellets. Fuente Generador de precios ...	52
Ilustración 5.3: Mejora 2: Paneles Solares fotovoltaicos	53
Ilustración 5.4: Instalación de paneles solares fotovoltaicos. Fuente: Generador de precios	56
Ilustración 5.5: Mejora 3: Bomba de calor	57
Ilustración 5.6: Instalación de una bomba de calor. Fuente: Generador de precios	59
Ilustración 5.7: Mejora 4: Paneles solares térmicos	60
Ilustración 5.8: Instalación de paneles solares térmicos. Fuente: Generador de precios	66
Ilustración 5.9: Definición de factura energética	67
Ilustración 5.10: Definición de los parámetros económicos	68
Ilustración 5.11: Valoración económica de las medidas de mejora	68
Ilustración 5.12: Resultado del análisis económico	69
Ilustración 5.13: Informe CE3X	77
Ilustración 5.14: Informe CE3X	78
Ilustración 5.15: Informe CE3X	79
Ilustración 5.16: Informe CE3X	80
Ilustración 5.17: Informe CE3X	81
Ilustración 5.18: Informe CE3X	82
Ilustración 5.19: Informe CE3X	83
Ilustración 5.20: Informe CE3X	84
Ilustración 5.21: Informe CE3X	85
Ilustración 5.22: Informe CE3X	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Datos de la localización del edificio, Fuente: Antipodas.net.....	3
Tabla 1.2: Datos de natalidad y mortalidad: Fuente: INE	4
Tabla 1.3: Tasa de actividad, comparación entre Cantabria y España. Fuente: INE	6
Tabla 1.4: Tasa de paro, comparación entre Cantabria y España. Fuente: INE.....	7
Tabla 1.5: Localización de las estaciones climatológicas de Cantabria. Fuente: Meteocantabria 9	
Tabla 1.6: Representación de la temperatura media y las precipitaciones de Santander entre el 2000-2015. Fuente: Meteocantabria	9
Tabla 1.7: Valores medios de la irradiación en Santander. Fuente: AEMET	12
Tabla 4.2: Materiales de los que está compuesto el muro	42
Tabla 5.1: Cálculos para calcular el número de paneles	54
Tabla 5.2: Cálculo del rendimiento	61
Tabla 5.3: Cálculo de la energía radiada por el sol	62
Tabla 5.4: Demanda de ACS	63
Tabla 5.5: Cambio de unidades de la demanda de ACS.....	64
Tabla 5.6: Cálculo del número de paneles solares térmicos	64
Tabla 5.7: Resumen del análisis económico de la Caldera de Biomasa	71
Tabla 5.8: Datos más relevantes de la Caldera de Calor	72
Tabla 5.9: Resumen del análisis económico de la Bomba de calor	72
Tabla 5.10: Datos más relevantes de la Bomba de Calor.....	73
Tabla 5.11: Resumen del análisis económico de los paneles solares fotovoltaicos	73
Tabla 5.12: Datos más relevantes de los Paneles Solares Fotovoltaicos	74
Tabla 5.13: Resumen del análisis económico de los paneles solares térmicos.....	75
Tabla 5.14: Datos más relevantes de los Paneles Solares Térmicos.....	76
Tabla 6.1: Comparativa de las diferentes mejoras	87



1. Introducción

1.1. Emplazamiento

1.1.1. Ubicación geográfica

Cantabria es una región que se encuentra delimitada por Asturias, Castilla y León y por el País Vasco y el mar Cantábrico. La capital de Cantabria es Santander que es donde se encuentra el núcleo poblacional más grande. Esta se halla localizada en la cornisa Cantabria, este nombre se debe al mar Cantábrico que es el que baña las costas de la Comunidad Autónoma y a la cordillera Cantábrica. El clima que encontramos es un clima oceánico húmedo, donde las temperaturas son moderadas debido a la influencia de los vientos que provienen del océano Atlántico.



Ilustración 1.1: Localización de Cantabria en España. Fuente: Can Stock Photo

Santander se encuentra delimitado por el mar Cantábrico, la bahía que lo rodea también por el sur junto con los municipios de Camargo y Santa cruz de Bezana. La cota más alta la encontramos en Peña Cabarga y su cota mínima se localiza al nivel del mar.



Ilustración 1.2: Localización de Santander en Cantabria. Fuente: Archivo Santander (Cantabria) Mapa.svg



El clima que encontramos en Santander es un clima suave durante todo el año. Las temperaturas mínima media puede alcanzar los 10°C. Santander se caracteriza por ser una de las ciudades donde más llueve en España, las precipitaciones predominan en los meses de invierno.

Como dijimos anteriormente Santander al tener un clima oceánico suave no tendrá episodios de frío extremo ni de calor extremo, los veranos se caracterizan por ser templados, con temperaturas agradables y sin episodios de calor extremo, lo mismo pasa con los inviernos en los que en muy pocas ocasiones alcanzaremos temperaturas por debajo de los 0°C.

1.1.2. Localización del edificio

El edificio que procederemos a analizar se encuentra localizado en la calle avenida de Cantabria, Santander. El edificio se encuentra muy bien ubicado puesto que está muy próximo a la S-20 en caso de querer salir de la ciudad o a unos cinco minutos del centro de la ciudad en coche. En caso de optar por otros medios de transporte Santander tiene una muy buena línea de autobuses que en unos diez minutos te permite llegar hasta el centro.

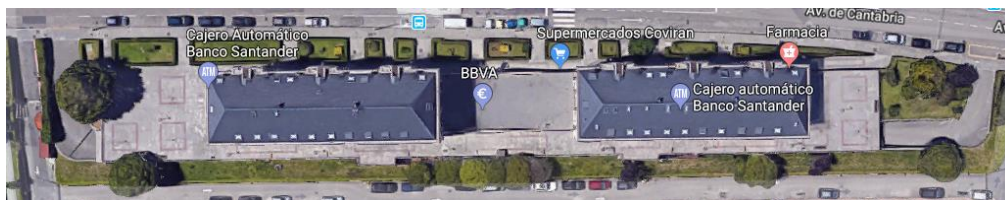


Ilustración 1.3: Edificio del que realizaremos el estudio, visto en planta. Fuente: Google maps



Ilustración 1.4: Edificio del que realizaremos el estudio, vista en alzado. Fuente: Google maps



**Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora
para un bloque de viviendas**

Tabla 1.1: Datos de la localización del edificio, Fuente: Antipodas.net

Datos	
País	España
Comunidad Autónoma	Cantabria
Municipio	Santander
Coordenadas	N43°27'52.99" O3°48'15.98"
Superficie	34,76 km^2
Clima	Oceánico



1.2. Estudio del medio

1.2.1. Medio social

1.2.1.1. Demografía

Hablaremos de la demografía de Cantabria como de Santander para tener una visión lo más amplia posible sobre cómo es la zona.

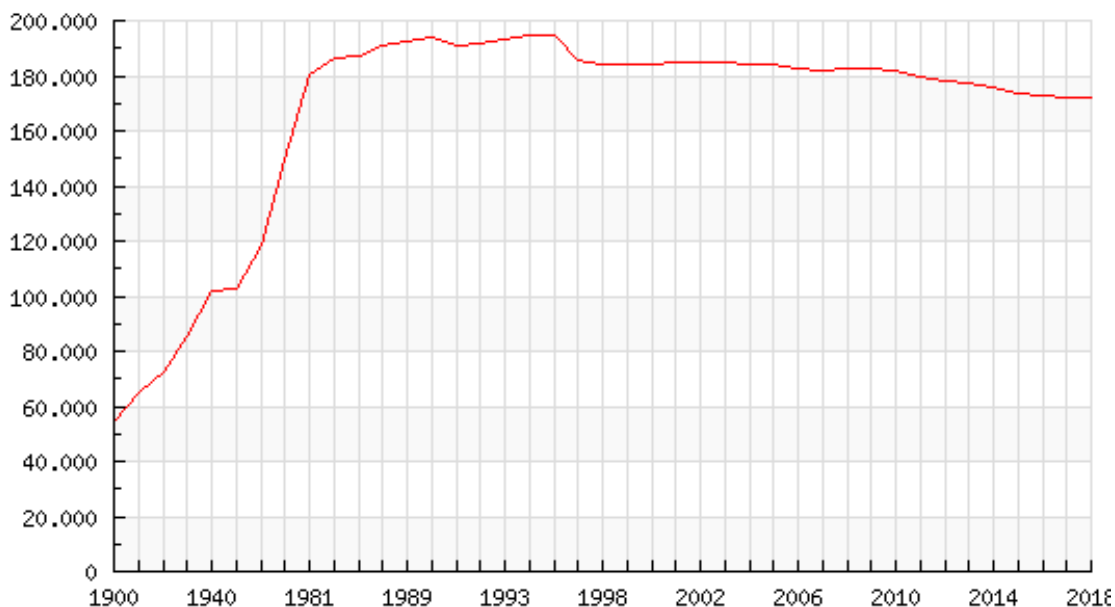


Ilustración 1.5: Grafica de la evolución de la población en Santander. Fuente: Foro-ciudad

El crecimiento de la ciudad siempre fue de manera progresiva, salvo en la última década donde se ha producido una disminución de la población. En la década de los 50 hasta la de los 80 se produjo una industrialización de Santander, lo que produjo un despoblamiento de las zonas rurales hacia el interior. [1]

La estructura demográfica de la población se controla por la natalidad, mortalidad y las migraciones.

Tabla 1.2: Datos de natalidad y mortalidad: Fuente: INE

Evolución de Nacimientos y Defunciones en los últimos 10 años			
AÑO	NACIMIENTOS	FALLECIMIENTOS	DIFERENCIA
2017	1.161	1.942	-781
2016	1.181	1.955	-774
2015	1.210	1.963	-753
2014	1.271	1.919	-648
2013	1.323	1.801	-478



Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora para un bloque de viviendas

2012	1.377	1.951	-574
2011	1.470	1.834	-364
2010	1.527	1.885	-358
2009	1.554	1.893	-339
2008	1.653	1.912	-259
2007	1.491	1.977	-486

En la siguiente grafica podemos observar que la cantidad de nacimientos está disminuyendo con el paso de los años y los fallecimientos están aumentando lo que está produciendo en Santander que la cantidad de personas que allí viven disminuya año tras año. Esto es una tendencia que se está desarrollando desde la última década más o menos.

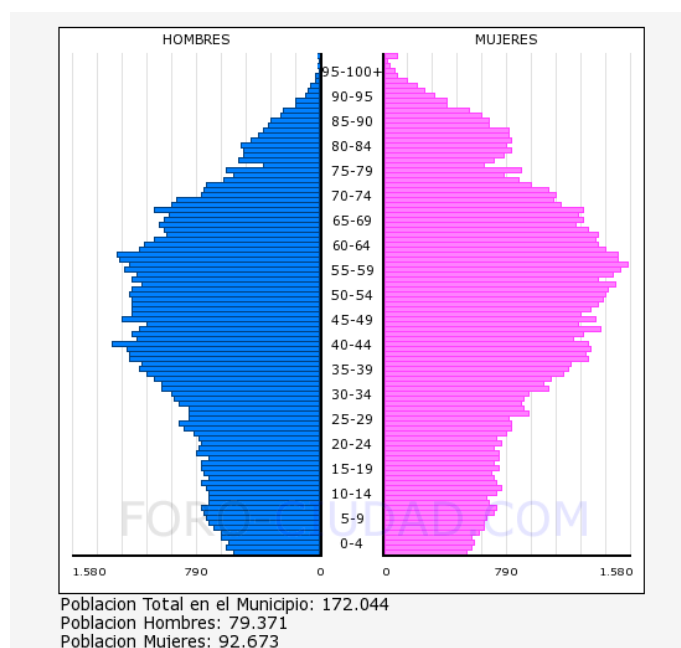


Ilustración 1.6: Grafica de la población de Santander-2018. Fuente: INE

La pirámide de población de Santander destaca por ser muy estrecha en la base, lo cual manifiesta la poca cantidad de personas que nacen. Mientras tenemos una gran cantidad de población muy mayor y cada vez las personas mayores mueren más tarde debido a la mejora de las condiciones de vida.

1.2.1.2. Tasa de actividad

La tasa de actividad se refiere a la proporción de las personas que trabajan respecto a las personas en edad de trabajar las cuales se encuentran actualmente entre los 16 y 64 años de edad. El crecimiento de la tasa de actividad se ha debido principalmente al sector servicios y a la industria y en un escalón por debajo encontramos la construcción y la agricultura. [2]

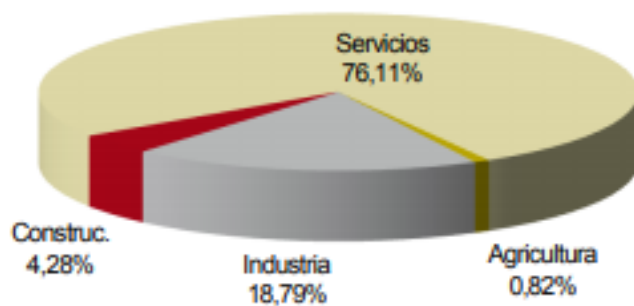


Ilustración 1.7: Distribución de la contratación de los sectores económicos. Fuente: Sistema de Información de los Servicios Públicos de Empleo

Tabla 1.3: Tasa de actividad, comparación entre Cantabria y España. Fuente: INE

Año	Dato Cantabria	Dato Nacional
2018	48,95	49,7
2017	48,2	48,725
2016	47,8	47,6
2015	57,525	58,1
2014	45,525	45,025
2013	44,675	44,375
2012	46,75	45,4
2011	47,8	47,45
2010	48,45	48,3

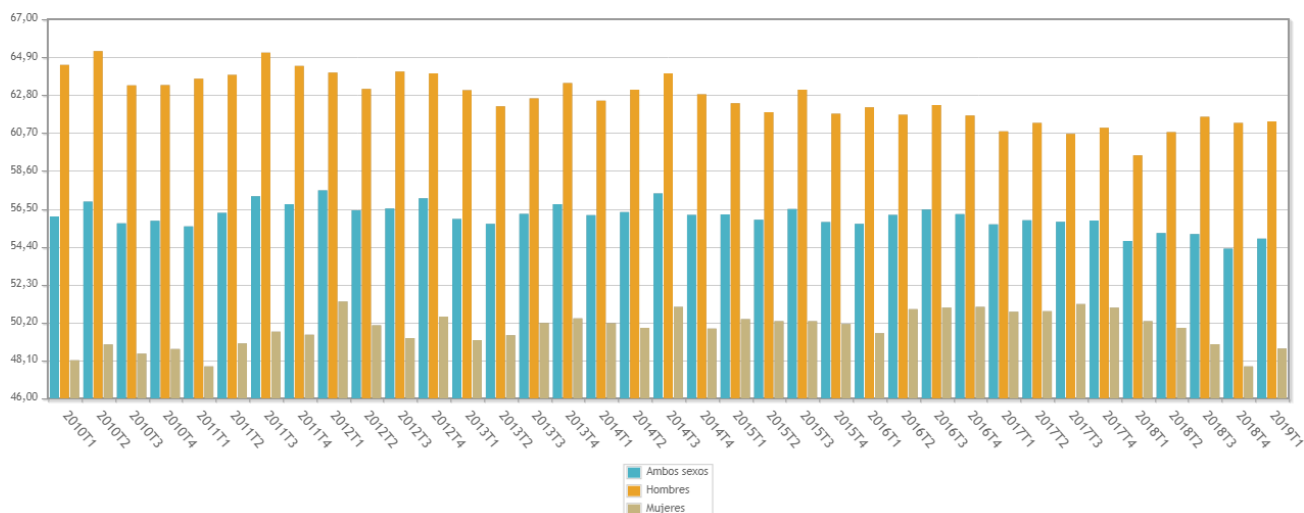


Ilustración 1.8: Tasa de actividad de Cantabria en función del sexo. Fuente: INE

1.2.1.3. Tasa de paro

Como podemos ver en la gráfica o en la tabla el paro alcanzó su pico más elevado en el año 2015 desde entonces este se ha ido reduciendo periódicamente hasta llegar a alcanzar el 10,7%. El aumento de empleo se localiza principalmente en el transporte terrestre, hostelería y en la contratación de los pequeños empresarios. [3]

Tabla 1.4: Tasa de paro, comparación entre Cantabria y España. Fuente: INE

Año	Dato Cantabria	Dato Nacional
2018	10,7	15,275
2017	13,575	17,25
2016	14,9	19,625
2015	22,375	27,325
2014	19,425	24,45
2013	20,45	26,1
2012	17,8	24,8
2011	15,3	21,4
2010	13,7	19,85



1.2.2. Medio físico

1.2.2.1. Climatología

Anteriormente ya nombramos el tipo de clima en el que nos encontramos siendo un clima oceánico.

La clasificación climatológica que utilizaremos es la de Wladimir Peter Koppen, que es la utilizada en la Agencia Estatal de Meteorología “AEMET”, que define los distintos tipos de clima a partir de los valores medios mensuales de las precipitaciones y temperaturas. La clasificación climática de Koppen va desde la letra A hasta la E. La letra A es para climas cálidos, la B para secos, la C para templados, la D para continentales y la E para climas muy fríos. En el diagrama de Koppen se distinguen los climas por las letras mayúsculas que es para determinar el grupo del clima y las minúsculas con las que se determinan otros rasgos como las estaciones.

Grupo de clima	Características	Otros rasgos	En España se dan...
A	Cálidos, todos los meses con $+18^{\circ}\text{C}$		
B	Secos Sequía prolongada, - de 300 mm, debido a estar a sotavento y/o a continentalidad.	s = estación seca en verano w = estación seca en invierno f = no tiene estación seca a = verano $\geq 22^{\circ}\text{C}$ b = verano $\leq 22^{\circ}\text{C}$ k = frío h = calor	Bsh = Estepario cálido y seco Bsk = Estepario fresco y seco Bw = Desértico
C	Templados, mes más frío no baja de -3°C y el mes más cálido no ses $+18^{\circ}\text{C}$	s = estación seca en verano w = estación seca en invierno f = no tiene estación seca a = verano $\geq 21^{\circ}\text{C}$ b = verano $\leq 21^{\circ}\text{C}$	Cfa = Templado húmedo verano cálido Cfb = Templado húmedo verano fresco Cfsb = Templ transición a mediterráneo Csa = Mediterráneo verano cálido Csb = Mediterráneo verano fresco
D	Templado – fríos: mes +a frío es inferior a -3°C y mes + cálido no supera los 10°C		
E	Climas muy fríos (de tundra y polares)		

Ilustración 1.9: Clasificación climática de Koppen en España. Fuente: AEMET

Por lo tanto según la clasificación climática de Koppen, nuestro edificio se localiza en el grupo climático C con un símbolo C_{fa} que como observamos en la tabla es un tipo de clima templado húmedo verano cálido. [4]



1.2.2.2. Precipitaciones

Además, Cantabria consta de cuatro estaciones climatológicas, las cuales están situadas en Santander Centro, Santander Ojaiz, Terán y Mataporquera.

Tabla 1.5: Localización de las estaciones climatológicas de Cantabria. Fuente: Meteocantabria

Estación	Longitud	Latitud
Santander Centro	-3,8	43,49
Santander Ojaiz	-3,88	43,45
Terán	-4,3	43,22
Mataporquera.	-4,17	42,88

Como nuestro edificio se encuentra en la zona de Santander Centro sacaremos los datos de la temperatura media y de la precipitación en esta zona que es la que nos interesa para estudiar las medidas de mejora de nuestro edificio. Nuestro periodo está comprendido entre Enero del 2000 y Diciembre del 2015.

La temperatura media se refiere al valor medio diario, tanto el máximo como el mínimo se refieren a los valores registrados en el periodo establecido, el Número es la cantidad de días en la que sea producido este fenómeno y el máximo Acc es el valor acumulado máximo registrado de la variable en el periodo.

Tabla 1.6: Representación de la temperatura media y las precipitaciones de Santander entre el 2000-2015.
Fuente: Meteocantabria

Mes	Temp. Media °C	Precipitación (l/m^2)		
		Máxima	Max. Acc	Número
Enero	10,53	57,7	238,8	17,12
Febrero	10,11	37,7	234,8	14,5
Marzo	11,73	40,2	151,1	13,56
Abril	12,89	34,4	216,4	15
Mayo	14,82	59	152,7	14,06
Junio	17,68	47,3	173,1	11,06
Julio	19,57	71,1	98,1	11,88
Agosto	20,34	54,4	150,3	12,69
Septiembre	18,89	73,5	166,4	10,81



Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora para un bloque de viviendas

Octubre	17,18	67,7	206,8	13,62
Noviembre	13,31	63,3	301,8	18,25
Diciembre	11,28	63	195,9	15,38
Anual	14,89	73,5	1352,7	167,94

En la siguiente tabla podemos ver como ha sido la climatología de Santander del periodo seleccionado, que son los datos representados de la tabla anterior. [5]

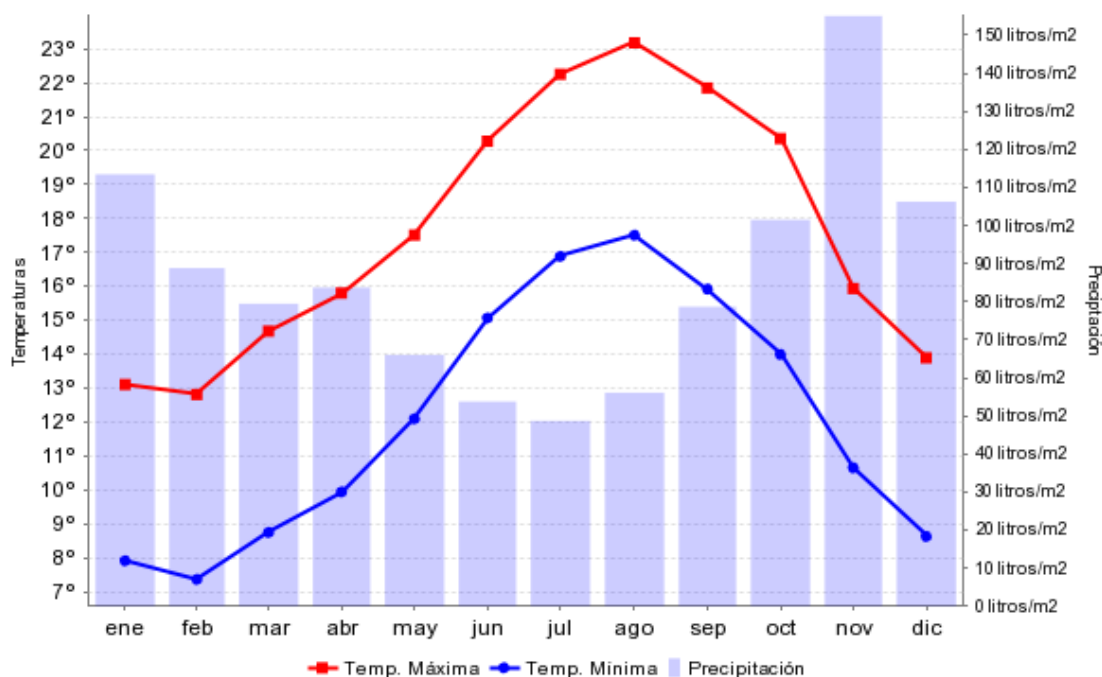


Ilustración 1.10: Climatología de Santander centro del 2000-2015. Fuente: Meteocantabria

1.2.2.3. Radiación solar

La radiación solar es un fenómeno físico debido a la emisión de energía del sol en forma de radiaciones electromagnéticas. La cantidad de radiación que alcanza la tierra depende de factores como la distancia, dirección o el ángulo con el que la radiación alcanza la atmosfera. La radiación tiene unas unidades de irradiancia, que es la potencia por unidad de superficie.

Hay varios tipos de radiación solar en función de cómo recibe la radiación solar la superficie terrestre:

- La radiación directa
- La radiación difusa
- La radiación reflejada
- La radiación global



La radiación directa: es la que proviene directamente del sol sin que haya sufrido ninguna modificación en su dirección.

La radiación difusa: esta es la que atraviesa la atmosfera y va en todas las direcciones como consecuencia de la reflexión.

La radiación reflejada: que se refleja en la superficie terrestre.

La radiación global: que es la suma de las tres radiaciones dichas anteriormente.

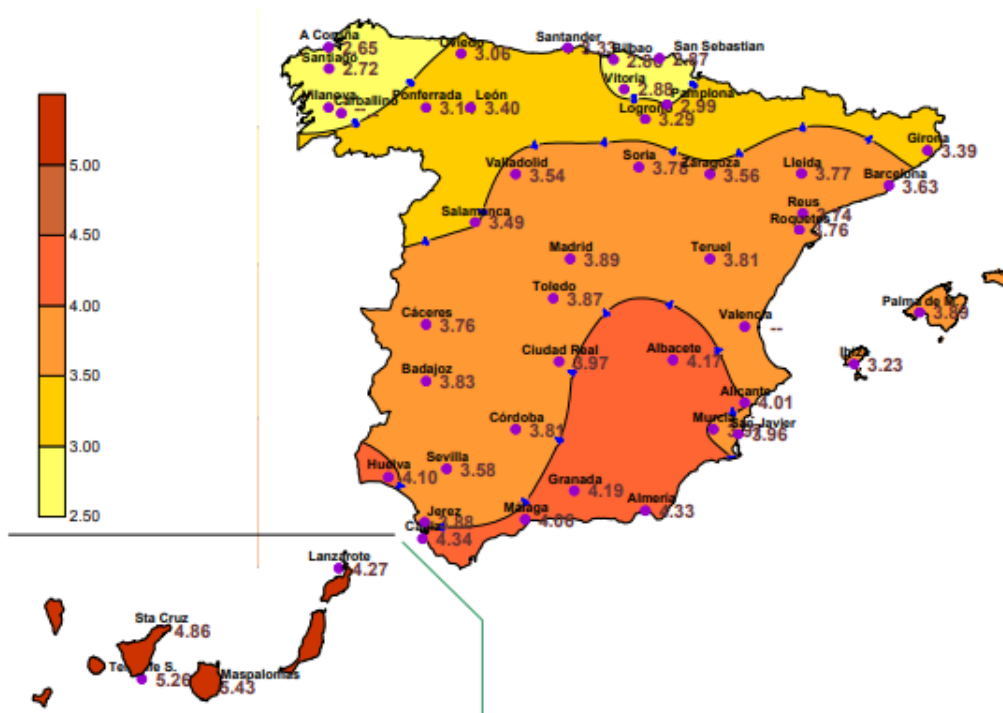


Ilustración 1.11: Distribución de la irradiación global media diaria en España. Fuente: AEMET

En España hay tres estaciones de la red que miden la evolución mensual de la radiación global. Las cuales están en Santander, Barcelona y Málaga, esta grafica compara la radiación del año 2018-2019 con las radiaciones máximas, mínimas y medias que se han producido en esa zona.

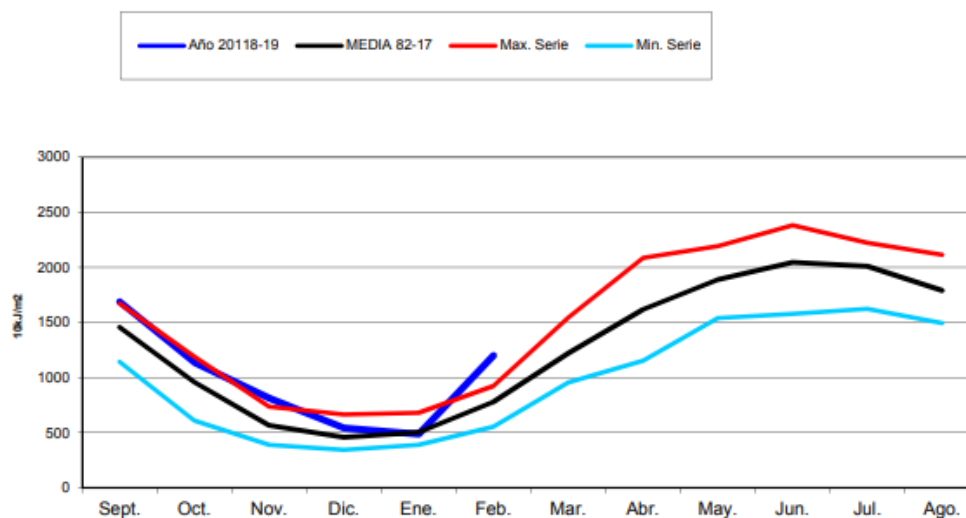


Ilustración 1.12: Media diaria de radiación en Santander. Fuente: AEMET



En Santander podemos observar que hay una radiación global media de unos $3,65 \text{ KWh/m}^2$, en la tabla que se adjunta vemos que en los meses de verano la irradiación solar se encuentra en valores muy próximos a los 5 KWh/m^2 llegando en algunos meses a superarlos y en los meses de invierno este valor decrece bastante hasta los casi 2 KWh/m^2 , en los meses de primavera y otoño es donde se produce el aumento o decrecimiento de la radiación. [2]

Tabla 1.7: Valores medios de la irradiación en Santander. Fuente: AEMET

MESES	IRRADIACION MEDIA KWh/m^2
ENERO	1,5
FEBRERO	2,4
MARZO	3,6
ABRIL	4,4
MAYO	5,2
JUNIO	5,8
JULIO	5,7
AGISTO	4,9
SEPTIEMBRE	4,2
OCTUBRE	2,9
NOVIEMBRE	1,7
DICIEMBRE	1,5
MEDIA	3,65

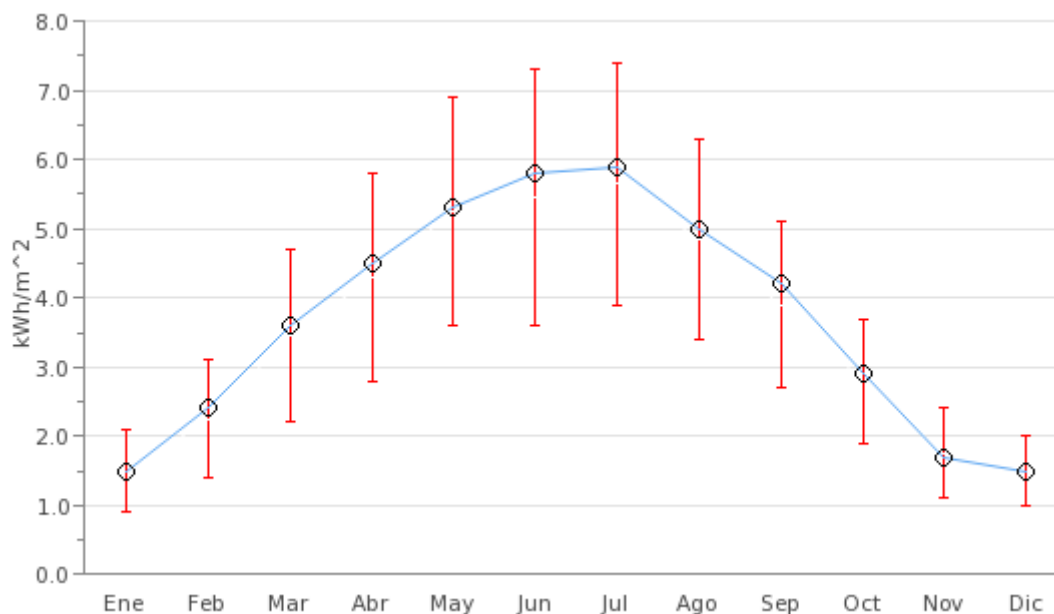


Ilustración 1.13: Representación de la irradiación solar media en Santander. Fuente: AEMET

1.2.3. Medio biótico

1.2.3.1. Fauna y flora

Como nuestro edificio se encuentra en un medio urbano, el tipo de fauna más abundante que nos encontraremos serán aves. Además este se encuentra en una zona próxima a el parque de las llamas una zona donde se ha registrado una media de 75 especies de aves en cada año y donde han llegado a anidar unas 20 especies. Estas zonas verdes hacen que gran cantidad de especies migratorias entre las que podemos encontrar aves acuáticas, palomas, gaviotas, gallinetas, patos... Al haber una gran cantidad de aves voladoras nos podría surgir un problema si colocásemos los paneles solares en nuestro tejado debido a que nos los podrían ensuciar.

En cuanto a la flora tenemos el parque de la vaguada de las llamas con una superficie de aproximadamente once hectáreas de espacios verdes, donde podemos encontrar unos 2500 árboles algunas especies que han sido plantadas son abedul común, abeto rojo, arce menor, avellano, roble, laurel, haya... [6]



2. Objetivos y alcance del proyecto

2.1. Objetivos

Hay un problema que esta aumentado con el paso del tiempo y que cada vez es más perjudicial para las persona, la contaminación. Para intentar reducir la contaminación se están realizando estudios de nuevas tecnologías para conseguir un desarrollo sostenible.

El objetivo de nuestro proyecto consiste en realizar un estudio energético del edificio, el cual se encuentra localizado en la Comunidad Autónoma de Cantabria, en Santander. La construcción del edificio se realizó en 1989 y desde entonces no se le ha realizado ninguna modificación para adecuarlo al sostenimiento del medio ambiente.

Para la mejora energética del edificio debemos de tener en cuenta las energías renovables que podemos utilizar, daremos especial importancia a aquellas energías que sean viables para la implantación en nuestro edificio, como son la energía fotovoltaica, caldera de biomasa, energía solar térmica.

Realizaremos un certificado de eficiencia energética en el que nos dará cual es la calificación de nuestro edificio, en base a este dato analizaremos cual es la mejor opción para su instalación, lo haremos teniendo en cuenta la calificación energética con la mejora y el presupuesto que nos costaría realizarlo.

Con la mejora de las distintas propuestas energéticas se tiene que notar una mejora significativa en el ahorro económico y en la mejora medioambiental.

Otros objetivos que analizaremos serán:

- La definición del edificio

- La situación actual del edificio

- El certificado de eficiencia energética

- Un análisis económico y energético de las energías que aplicaremos al edificio

- La normativa de aplicación en rehabilitaciones energéticas.

Ciertos datos han sido proporcionados por el ingeniero que realizo el proyecto de construcción del edificio, también los consumos tanto de electricidad como de gas son datos actuales del edificio, por lo que el estudio será lo más real posible debido a que se utilizaran estos datos reales y actuales.



2.2. Alcance

Con el incremento en los últimos años de las emisiones de gases contaminantes a la atmosfera es importante concienciar a las personas sobre los diferentes problemas que supone que año tras año la contaminación vaya aumentando, hay que buscar soluciones para intentar evitar esto, concienciando a la sociedad de cuidar el medio ambiente. La sociedad puede apoyarse en medidas energéticas que mejoren y reduzcan la demanda energética.

Nuestro edificio como dijimos anteriormente fue construido en 1989 el cual lo consideramos como un edificio bastante antiguo, entonces es un claro ejemplo de cómo se pueden introducir modificaciones energéticas modernas en un edificio antiguo sin modificar su estructura.

Analizaremos las ventajas y las desventajas, el coste de instalación y la eficacia de cada una de las medidas de ahorro energético, una vez analizado todo lo anterior dicho elegiremos cual es la mejor opción para nuestro edificio.

Estas medidas de mejora energética producen una serie de ventajas en el edificio, mejorando la vida de las personas y revalorizando los edificios en cuanto a su calificación energética. También reduce la dependencia de energías no renovables o sea las energías fósiles, alcanzando los valores establecidos por la Unión Europea en materia de emisiones de contaminantes.



3. Estado del arte

3.1. Energía solar

La energía solar se encarga de aprovechar la energía que proviene del sol. Es un tipo de energía renovable e inagotable. Aproximadamente el sol lleva unos 5 mil millones de años radiando energía y se calcula que todavía no ha llegado al 50% de su vida útil. Otro factor a tener en cuenta es la cantidad de energía que proviene del sol diariamente es de 10 mil veces mayor a la que se consume en un día en todo el planeta.

A continuación se procederá a desarrollar las algunas de las instalaciones de energía solar:

Instalación de paneles solare fotovoltaicas

Instalaciones de paneles solares térmicos

Tejas solares

3.1.1. Instalación de células fotovoltaicas

3.1.1.1. Definición y funcionamiento

La energía solar fotovoltaica se encarga de transformar la energía solar en electricidad utilizando una tecnología basada en el efecto fotovoltaico. Al impactar la radiación solar sobre la cara más externa de la célula fotoeléctrica produce una diferencia de potencial con la cara interna de la placa haciendo que los electrones se muevan, estos al moverse generan una corriente eléctrica. La corriente eléctrica que generan los paneles solares es en forma de corriente continua que posteriormente es convertida en corriente alterna. Posteriormente ya se podrá utilizar para el autoconsumo propio o para una posterior venta. [7]

3.1.1.2. Tipos de instalaciones fotovoltaicas

Los materiales que se utilizan en la fabricación de las células fotovoltaicas y la tecnología aplicada en el proceso de construcción hace que haya una gran variedad, los clasificaremos según: [8]

Por el tipo de materiales: Podríamos realizar una lista interminable, ya que los elementos que podíamos utilizar con los materiales semiconductores y metálicos pueden ser enormes. Aunque nos centraremos en los más comunes, los cuales los clasificamos de la siguiente forma: material simple, compuestos binarios y compuestos ternarios.

Material simple o común: Los más utilizados son el silicio (Si), germanio (Ge), selenio (Se).

Compuestos binarios: Son elementos químicos formados por dos elementos de distinta naturaleza y los más utilizados son el telurio de cadmio ($CdTe$), sulfuro de cadmio (CdS), arseniuro de galio ($AsGa$).

Compuestos ternarios: Son elementos químicos formados por tres elementos de distinta naturaleza y el más utilizado es la calcopirita basada en cobre ($CuInSe_2$).



Por la estructura interna de los materiales: La estructura cristalina que encontramos dentro de las placas solares la podemos clasificar en: monocristalinos, multicristalinos, policristalinos y dispositivos híbridos.

Monocristalinos o isótropo: formado por un solo cristal es muy poco común. Una placa que utilizan estos cristales es: la placa solar SolarWord Sunmodele Plus SW290.

Multicristalinos: La estructura interna está formada por multitud de granos o monocristales de gran tamaño, su distribución es totalmente aleatoria.

Policristalinos o anisótropos: De unos cristales a otros la orientación de los cristales cambia, tamaño inferior a los materiales multicristalinos.

Dispositivos híbridos: Mezcla de distintos materiales, se suelen fabricar a partir de una capa monocristalina sobre la que se aplica una capa de material policristalino por medio de técnicas de lámina delgada.

Amorfos o vidrios: Cuando no existe regularidad en la disposición espacial de sus átomos. El silicio es el único material empleado en la actualidad que es de esta forma, normalmente se le añade hidrógeno en el proceso de fabricación. [9]

3.1.1.3. Ventajas e inconvenientes

Ventajas [10]

Los paneles solares o células fotovoltaicas producen energía eléctrica que es considerada prácticamente inagotable y además no contamina.

Es un sistema que puede utilizarse tanto a gran escala por ejemplo parques fotovoltaicos como a pequeña escala por ejemplo empleándolo en una vivienda unifamiliar o en un bloque de piso que es en lo que me voy a centrar en este trabajo.

Muy beneficioso en zonas aisladas o para zonas rurales donde el tendido eléctrico no llega o es muy costosa su instalación.

Con el paso del tiempo el coste de la instalación y el mantenimiento de estos están disminuyendo debido a que se sigue desarrollando energía fotovoltaica.

La vida útil de los paneles puede rondar los 30 años.

Precisa de una inversión inicial y de gastos de operación pero una vez finalizada la instalación del sistema fotovoltaico, el combustible es gratuito y de por vida. Solo necesitara pasar un reconocimiento para el mantenimiento.

Adaptación de la forma y tamaño, los paneles pueden ser con la forma y las dimensiones estipuladas por el cliente. Se pueden colocar en nuevas estructuras o se pueden adecuar a estructuras ya existentes.

Otra ventaja es que son limpios y silenciosos, de forma que pueden colocarse en cualquier zona sin provocar ninguna molestia.

Fomenta el empleo local de la zona.

Inconvenientes

Los costes de instalación son altos por lo que precisa de una inversión inicial elevada.



Las zonas donde la cantidad de radiación solar es más alta son en lugares desérticos y alejados de las ciudades.

La creación de parques fotovoltaicos a gran escala implica grandes extensiones de terreno.

La incapacidad de poder almacenar energía eléctrica.

3.1.1.4. Impacto ambiental

Es verdad que el sol es un recurso que nos permite generar electricidad sin enviar tóxicos y sin producir un calentamiento global. Se podría decir que los paneles fotovoltaicos son una energía verde, pero estos producen algunos impactos durante la fase de construcción, operación y clausura. [11] [12]

En el caso de la instalación de paneles fotovoltaicos en edificios pueden afectar negativamente a la estética del edificio.

Los principales impactos generados son:

Uso de la tierra

Uso del agua

Uso de los recursos naturales

Uso de materiales peligrosos

Las emisiones de calentamiento global de ciclo de vida

Impacto visual

Uso de la tierra: Los parques fotovoltaicos a gran escala producen una degradación del terreno y pérdida de hábitats de las especies que los ocupaban. Se estima que para la producción de 1MW se requiere entre 12000 y 40000 m^2 de terreno. Una forma de reducir el impacto sería la colocación de los parques en terrenos de muy baja calidad, por ejemplo: minas abandonadas o como barreras de aislamiento acústico.

Uso del agua: Los paneles fotovoltaicos no requieren de agua para la generación de electricidad. Sin embargo, el agua es necesaria para limpiar las placas para que su rendimiento sea el máximo. El consumo de agua de todas formas varía dependiendo de la zona y del tamaño de la instalación. Aunque el agua no es un recurso directo, en el caso de que el parque fotovoltaico fuera grande el uso del agua podría producir un impacto severo de los recursos hidrológicos de la zona produciendo una escasez.

Uso de los recursos naturales: Se necesita una gran cantidad de materiales para la producción de paneles fotovoltaicos, tales como hierro, cobre y aluminio. Aunque estos materiales son reciclados se están consumiendo de forma muy rápida y esto puede producir un agotamiento de las reservas naturales. También se utilizan otros materiales como el cadmio aunque son tóxicos.

Uso de materiales peligrosos: Los procesos de fabricación de las células fotovoltaicas contiene un número elevado de materiales peligrosos, la liberación de alguna de estas sustancias al medio ambiente son consideradas un impacto ambiental negativo. Algunos de estos elementos se utilizan para limpiar y purificar la superficie, estos elementos químicos son: ácido clorhídrico (HCl), ácido sulfúrico (H_2SO_4), ácido nítrico (HNO_3), fluoruro de hidrogeno (HF)... la cantidad dependerá del tamaño de la



instalación. Los procesos de fabricación son también un riesgo para los trabajadores puesto que puede inhalar polvo de sílice.

Las emisiones de calentamiento global de ciclo de vida: Las emisiones de calentamiento global durante el ciclo de vida de los paneles fotovoltaicos son nulas. Pero generan emisiones durante el proceso de fabricación, transporte, instalación, alteración de hábitats, mantenimiento, reciclaje y desmantelamiento.

Impacto visual: El impacto visual que producen los paneles fotovoltaicos en edificios puede ser muy alto, aunque también puede ser camuflada con relativa facilidad. Teniendo en cuenta los materiales y el diseño de fachada para intentar que pase desapercibido dentro de la arquitectura del edificio. El color de los paneles fotovoltaicos se utiliza con frecuencia para simular la apariencia de las tejas de cerámica.

3.1.2. Instalación de los paneles solares térmicos

3.1.2.1. Definición y funcionamiento

El funcionamiento de una instalación de energía solar térmica es bastante sencillo. La radiación solar se convierte en energía para así tener agua caliente y calefacción de una forma renovable, ecológica y es de producción propia. Estos paneles se encuentran localizados en los tejados que es donde se recibe la luz solar de forma más directa, después pasa a almacenarse en un depósito que recibe el nombre de acumulador, posteriormente se envía al intercambiador donde se realiza la distribución del calor.

Esta instalación nos puede proporcionar energía más limpia y segura que otras instalaciones, además de ser una energía que se produce de forma autónoma, es renovable y no contamina.

Si se produce un exceso de energía se podría utilizar para conseguir la climatización de piscinas, también puede ser un apoyo al suministro o puede ser la fuente de energía principal. [12]

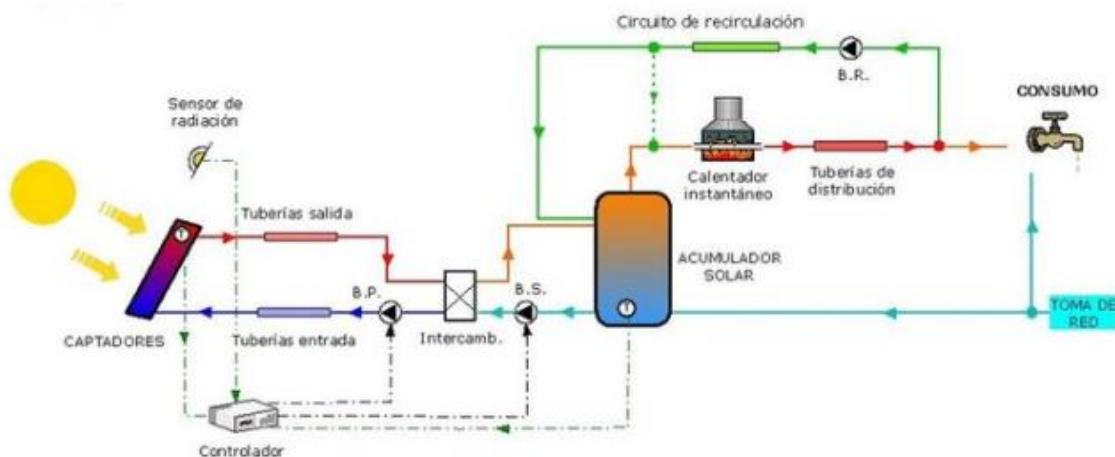


Ilustración 14: Esquema del proceso de los paneles solares térmicos. Fuente: Agencia Andaluza de energía

3.1.2.2. Usos y aplicaciones

La energía solar térmica se suele utilizar para generar electricidad, para calentar el agua de las piscinas de exterior o interior, calefacción para suelo radiante o radiadores, otra aplicación es para calentar el agua de usos doméstico, secadores de productos agrícolas o desalinización mediante energía solar, también se puede utilizar para transformar la energía solar térmica en energía eléctrica. [13]

3.1.2.3. Tipos de paneles solares térmicos

Los podemos clasificar en dos tipos de colectores, los colectores de vacío y colectores de placa plana. [14]

Colectores de tubo de vacío: Estos paneles tienen poca influencia de las temperaturas exteriores y por lo tanto pueden producir mucho calor cuando hace frío en el exterior. Estos colectores están formados por un conjunto de tubos de vidrio de vacío colocados en serie, dentro de los tubos podemos encontrar un absorbedor. El absorbedor



contiene absorbente que absorbe la radiación solar y está conectado a un tubo cerrado, que se llama tubo de calefacción.

Colector solar de placa plana: Estos colectores están constituidos por un recipiente poco profundo, llamado contenedor. El contenedor está constituido por unos tubos llenos de líquido, material aislante y una placa de cubierta bañada por el sol. Estos colectores se caracterizan por su alto rendimiento energético.

3.1.2.4. Ventajas e inconvenientes

Ventajas: [15]

Se caracteriza por ser una instalación muy sencilla y rápida

Se encuentran localizados en la azotea

Fomenta el empleo local de la zona.

Es una fuente de energía renovable, debido a que la energía solar es ilimitada

Su coste de instalación es recuperable a medio plazo

Reduce la emisión de gases a la atmosfera

Se caracteriza por ser una instalación silenciosa

Vida útil de los paneles solares térmicos de 20 años

Desventajas:

Es una instalación costosa.

Es intermitente, aunque el sol siempre está presente, la radiación solar que emite no es constante.

Almacenamiento es bastante costoso para aplicaciones residenciales.

Hay lugares donde la cantidad de paneles solares debe de ser mayor que para producir la misma cantidad de energía.

Se caracterizan por ser poco estéticos

La fabricación de estos paneles se caracteriza por realizarse con energías no renovables



3.1.3. Tejas solares

3.1.3.1. Definición y funcionamiento

Las tejas solares actúan como un gran panel solar en la parte superior de la casa. Estas son capaces de captar la energía solar y transformarla en electricidad. Cada teja solar está conectada en serie a otra formando una sola planta fotovoltaica. Si se produjera un error, solamente se necesitaría cambiar la teja defectuosa. El tejado lleno de estas tejas solares, son capaces de cubrir con relativa facilidad las demandas energéticas de una familia. [16]

3.1.3.2. Ventajas e inconvenientes

Ventajas

Ahorro en la factura de la luz y el gas.

Se adaptan mejor a la fachada de nuestro hogar.

Se considera que las tejas solares tendrán un vida útil de unos 30 años.

La energía sobrante se puede almacenar en baterías o venderla para recuperar parte de la inversión realizada.

Instalación fácil.

Pueden colocarse en cualquier tipo de techo.

En caso de que una teja falle solo necesitamos cambiar esa teja.

Inconvenientes

Tienen un precio superior que los paneles solares.

Inversión inicial elevada.

Difícil mantenimiento en cuanto a la limpieza.

Son inmóviles, no se pueden orientar al sol.

Es una tecnología relativamente nueva, por lo que hay muy poca gente que está especializada en su utilización.

3.1.3.3. Impacto ambiental

La utilización de esta tecnología hace que se reduzca aproximadamente un 20% el consumo de combustibles fósiles, lo que con lleva que se reduzca la producción de CO_2 y de otros gases que influyen en el calentamiento global. [17]

Los impactos ambientales son muy reducidos por lo que se han fabricado para que no produzcan ninguno de estos impactos que son:

El ruido: Los módulos o células fotovoltaicos generan electricidad pero no es un proceso silencioso, sin embargo el inversor trabaja a alta frecuencia y es inaudible para el oído humano.

Las emisiones gaseosas a las atmosfera: Las tejas solares no requieren de ningún proceso de combustión para generar energía, solo necesitan el sol que es una fuente de energía limpia.



Destrucción de la flora y la fauna: No producen efectos que puedan alterarlas.

Los residuos tóxicos y peligrosos vertidos al sistema de saneamiento: Al realizarse la refrigeración por una convección natural, no necesitan enviar residuos al sistema de saneamiento.



3.2. Biomasa

3.2.1. Definición y funcionamiento

El concepto de biomasa se comprende como “toda materia orgánica susceptible de aprovechamiento energético”. Una central de biomasa se encarga de generar energía eléctrica a partir de recursos biológicos. Estas centrales utilizan fuentes de energía renovables para producir energía eléctrica. La biomasa se utiliza en edificios para el desarrollo de sistemas de calefacción y agua caliente. Asombra que entre las energías renovables podamos considerar a la materia orgánica, que es el combustible al que le denominamos biomas.

El funcionamiento de una central de biomasa se realiza a vapor a altas presiones que mueven una turbina y esta mueve el generador para producir energía eléctrica.

Desde mi punto de vista esta central permite el reciclado de desechos humanos, y es una fuente de energía limpia y renovable. [18]

3.2.2. Usos y aplicaciones

Las aplicaciones en una central de biomasa se básicamente en agua caliente y electricidad. Hay calderas o estufas individuales que se encuentran en los hogares, también se puede usar agua para radiadores o suelo radiante hasta la producción de agua caliente sanitaria que en las viviendas es de 28 litros/día por persona.

En un escalón superior podemos encontrar las calderas las cuales utilizamos para bloques o edificios de viviendas, estas sustituyen a las calderas de gas natural o gasóleo que se usan para alimentar la calefacción y/o producción de agua caliente sanitaria. Un problema que presentan estas calderas es la cantidad tan grande de espacio que ocupan. Estos son muy beneficiosos en edificios de nueva construcción.

3.2.3. Tipos de biomasa

La gran cantidad de productos que pueden ser utilizados como combustible para la biomasa, hace que se tengan que realizar estudios de disponibilidad, extracción, transporte y distribución.

Los materiales de donde se obtiene la energía es de residuos forestales, residuos de cultivos agrícolas, residuos de podas de jardín, residuos agroforestales, cultivos con fines energéticos, combustibles líquidos derivados de productos agrícolas, residuos de origen animal o humano... Esta cantidad de residuos hacen que tenga unas características muy interesantes. [19]

Algunos tipos de biomasa que podemos encontrar son los siguientes:

- Biomasa natural en zonas forestales

- Residuos agrícolas leñosos

- Residuos agrícolas herbáceos

- Cultivos energéticos



Biomasa natural en zonas forestales: En los bosques cuando se producen actividades de limpieza, corta de montes o poda, aparecen una serie de residuos que son recogidos por la maquinaria y transportados de forma más sencilla. Estos serán utilizados como combustible en una caldera de biomasa. Por ejemplo: Leñas, ramas, coníferas...

Residuos agrícolas leñosos: Estos los encontramos en las podas de olivos, viñedos... Al igual que los residuos forestales precisan de maquinaria para la recogida y el transporte.

Residuos agrícolas herbáceos: Proviene de las cosechas de cultivos como cereales o maíz. Solo aparecen en las temporadas de recolección.

Cultivos energéticos: Son cultivos cuyo único fin es el de la producción de biomasa, además son cultivos de uso únicamente energético. En nuestro país todavía está en fase de experimentación. Son capaces de resistir a la sequía, las enfermedades, precocidad de crecimiento y adaptación a terrenos marginales. Algunos cultivos son: el cardo, la colza de etíope...

3.2.4. Ventajas e inconvenientes

Ventajas

Fuente de energía renovable

Disminución de las emisiones de óxido de azufre (SO_2).

Disminución de las emisiones de partículas.

Reducción de las emisiones de gases perjudiciales como CO , HC , NO_x

Sin contribución al efecto invernadero, ciclo neutro de CO_2

Mantenimiento reducido

Vida útil de unos 20 años

Reducción de la peligrosidad por el escape de gases tóxicos

Disminución de los riesgos de incendios y plagas de insectos.

Aprovechamiento de los residuos agrícolas, evitando su quema, lo cual produciría gases nocivos.

Posibilidad de utilizar tierras de barbecho con cultivos energéticos.

Independencia de las fluctuaciones de los precios de los combustibles provenientes del extranjero.

Mejora socio-económica en las áreas rurales.

Inconvenientes

Menor densidad energética que los combustibles fósiles, por lo tanto, es necesaria una mayor cantidad de biomasa para obtener la misma porción de energía.

Volumen de almacenamiento superior al que necesitarían los combustibles.

Las calderas de biomasa poseen un rendimiento menor a las calderas de combustible fósil, líquido o gaseoso.



El transporte de la biomasa no se encuentra tan desarrollado como el de los combustibles no renovables.

La combustión genera residuos en forma de cenizas, partículas y gases.

3.2.5. Impacto ambiental

El principal punto débil en instalaciones de calderas de biomasa de baja potencia es la emisión de partículas nocivas procedentes de la combustión. En este proyecto, partiendo del estudio del estado actual de la tecnología, se están desarrollando prototipos de filtros de partículas que puedan ser aplicables en calderas de uso doméstico. Las partículas que se crean en las calderas de biomasa provienen del proceso de la combustión y son las cenizas volantes. [20]

Al contrario que en los combustibles fósiles, el CO_2 producido en el proceso de combustión de la biomasa es devuelto a la atmósfera. Por lo tanto, el uso de la biomasa no hace aumentar el contenido de CO_2 a la atmósfera y además no contribuye al aumento del efecto invernadero.

Un aspecto negativo de esto es que si la biomasa se consume a un ritmo más alto de la que se produce hará que se aumente la cantidad de CO_2 en el aire y entonces esta energía renovable y limpia pasará a ser una energía contaminante.

También se producen otros compuestos al quemar la biomasa que pueden ser el monóxido de carbono, compuestos de azufre, óxidos de nitrógeno. En el caso del monóxido de carbono, las emisiones que se emiten al quemar el carbón son mucho más elevadas que al quemar biomasa, por lo que esto produciría una reducción de estas emisiones al exterior. Otras emisiones que se envían a la atmósfera son los compuestos de azufre que se producen en el proceso de combustión y puede convertirse en ácido sulfúrico y esto a su vez contribuye a la lluvia ácida, por lo general estos no suelen ser un problema en la biomasa ya que no suelen tener azufre o en caso de tenerlo está en muy bajas cantidades. Para acabar decir que los óxidos de nitrógeno se forman por la oxidación del combustible en la biomasa y el aire. [21]

Actualmente, lo que se está intentando es reducir las emisiones que se producen y utilizando la biomasa se reducirán en gran medida en comparación con las producidas por los combustibles fósiles.

En conclusión, para que la biomasa al final no resulte una energía contaminante se tiene que realizar un control mayor. Las calderas de biomasa de gran tamaño se controlan las emisiones de partículas pero que en las de uso doméstico que son calderas de tamaño más pequeño se produce una falta de controlar sobre las citadas emisiones de partículas al exterior. [22]

3.3. Recursos geotérmicos

El interior de la tierra o el núcleo de la tierra es extremadamente caliente con una temperatura de aproximadamente 4200 °C. La energía geotérmica se considera una fuente de energía renovable, porque el agua se repone con la lluvia y el calor se produce continuamente dentro de la tierra.

El interior consta de dos capas. La capa interna es un núcleo de hierro sólido que está rodeado por la roca fundida, llamada Magma. El calor de este núcleo interno caliente fluye a la corteza exterior más fría de la tierra. El núcleo externo o el magma están rodeados por un manto el cual está hecho de magma y rocas. La capa más externa de la tierra se llama corteza, la cual está formada por placas de tierras y océanos.

La mayoría de las actividades geotérmicas en el mundo ocurren en el borde del Océano Pacífico, conocido como el Anillo de Fuego. Existe una cantidad de volcanes activos alrededor del anillo. Varios países alrededor de este Anillo de Fuego están utilizando la energía geotérmica y ya están contribuyendo a su desarrollo económico. [18]

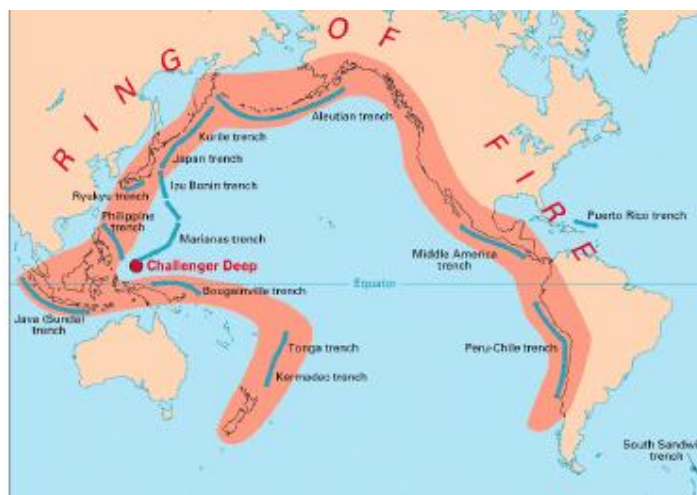


Ilustración 15: Anillo de fuego. Fuente: Apuntes de Renewable and alternative energies

Las áreas de alta entalpía se encuentran en Islandia, Italia, Grecia, partes de Francia, Alemania y Austria. Países como Irlanda, Noruega, Suecia, Reino Unido y Polonia contienen regiones de baja entalpía y pueden no ser económicas para el desarrollo geotérmico.

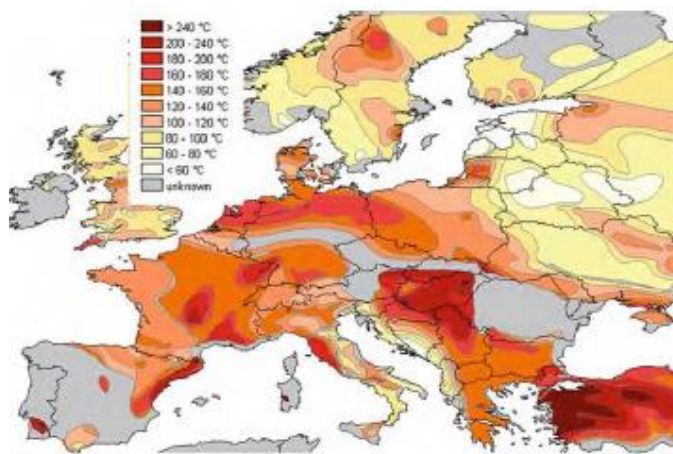


Ilustración 16: Mapa de temperaturas de Europa. Fuente: Apuntes de Renewable and alternative energies

3.3.1. Funcionamiento

Las bombas de calor son tan eficientes debido a que no generan calor sino que lo transportan de un lugar a otro. Estas tienen un rendimiento tan elevado porque aprovechan una propiedad de los gases, cuando gas se comprime aumenta la temperatura y en el caso contrario la temperatura disminuye.

El ciclo de refrigeración y de las bombas de calor se representa con el mismo ciclo:

- 1) Entra al compresor a alta temperatura.
- 2) Enfiamos el refrigerante con la temperatura exterior, en el condensador.
- 3) En la válvula de expansión se enfría aún más.
- 4) El último paso es el evaporador, donde al estar tan frío absorbe calor del ambiente.
- 5) Se vuelve a iniciar el ciclo de refrigeración.

En lo que cambian es en el cálculo de los rendimientos.

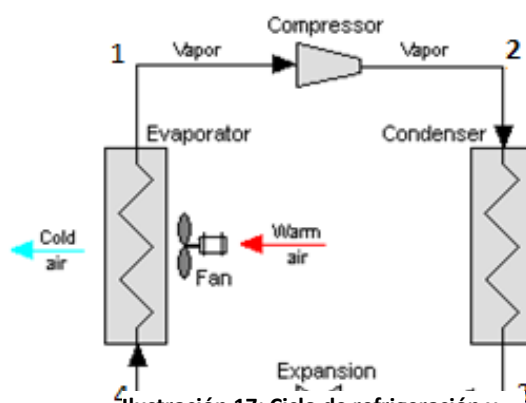


Ilustración 17: Ciclo de refrigeración y bombas de calor. Fuente: Apuntes Termodinámica y maquinas térmicas

Tabla 3.1: Rendimientos del ciclo de refrigeración y de la bomba de calor

RENDIMIENTOS	
Bomba de calor "Invierno"	Ciclo de refrigeración "Verano"
$cop = \frac{Q_{condensador}}{W_{compresor}} = \frac{Q_{FC}}{W} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$	$cop = \frac{Q_{evaporador}}{W_{compresor}} = \frac{Q_{FF}}{W} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$



En el caso de que se utilicen a la vez la fórmula de *cop* sería la relación entre en sumatorio del calor de condensador más el calor del evaporador partido del trabajo del compresor.

$$cop = \frac{Q_{condensador} + Q_{evaporador}}{W_{compresor}}$$

3.3.2. Componentes de una bomba de calor

Una bomba de calor consta de los cuatro componentes:

- 1- Compresor
- 2- Condensador
- 3- Evaporador
- 4- Válvula de expansión

1-Compresor: Se encarga de aumentar la presión, desde una presión de entrada a una presión más alta de salida.

2- Condensador: Es un intercambiador de calor, el refrigerante viene del compresor en estado gaseo y aporta calor a un medio, la diferencia de temperatura produce la condensación de este y su transformación en un líquido. Se puede enfriar por medio de aire o agua.

3- Válvula de expansión: Se encarga de reducir la presión y controlar el flujo de refrigerante. Hay varios tipos de válvulas, válvula a presión constante, válvula termostática o por tubos capilares.

4- Evaporador: Es otro intercambiador de calor, el fluido refrigerante se encuentra en vapor húmedo y es en donde se produce una absorción de calor del medio para convertirlo al estado líquido.

3.3.3. Métodos de exploración

Un sistema geotérmico consiste de tres elementos principales: una fuente de calor, un depósito y un fluido. [23]

La fuente de calor puede ser del Magma que tiene una temperatura superior a 600°C a profundidades de entre 5-10 km. Además, una fuente de calor también puede ser sistemas de baja temperatura que utilizan la temperatura normal de la tierra, que aumenta con la profundidad.

El depósito está formado naturalmente por rocas permeables al calor puede calentar, aquí se puede calentar un fluido circulante, que generalmente es el agua.

El calor se transfiere al fluido principalmente por convección. El agua caliente se eleva debido a su menor densidad y es reemplazada por agua fría y densa.

El fluido geotérmico debe reabastecerse continuamente para mantener la presión hidrostática y la masa de fluido.

La indicación preliminar de la presencia de recursos geotérmicos está dada por volcanes, aguas termales, fumarolas y géiseres.



Toda exploración geotérmica debe abordar los siguientes pasos:

1. Identificación de fenómenos geotérmicos.
2. Determinar si existe un campo de producción geotérmica útil.
3. Estimar la forma, el tamaño y la profundidad del recurso.
4. Determinación de cualquier característica que pueda causar problemas durante el desarrollo del campo.
5. Evaluación del sistema geotérmico.
6. Determinación de la homogeneidad del suministro de agua.
7. Determinar la fuente de agua de recarga.

Para el uso práctico de la energía geotérmica, se deben encontrar grandes depósitos geotérmicos. Perforar un pozo y probar la temperatura bajo tierra es la única forma de garantizar la existencia de un depósito geotérmico.

Otros estudios previos a la perforación que incluyen:

Imágenes satelitales y fotografía aérea

Estudios vulcanológicos

Mapeo geológico y estructural

Estudios geoquímicos

Estudios geofísicos

Perforación del agujero de gradiente de temperatura

Una vez que se identifica la existencia de una fuente geotérmica, se llevan a cabo perforaciones y diversas mediciones de temperatura para determinar el tamaño de la fuente y la viabilidad económica.

3.3.4. Bomba de calor geotérmico

Las bombas de calor geotérmicas son extremadamente eficientes para calefacción y aire acondicionado. Son dispositivos eléctricos que transfieren calor de un espacio frío a un espacio cálido, lo que hace que el espacio frío se enfríe y el espacio cálido se caliente.

Durante el invierno, las bombas de calor mueven el calor del exterior frío a la casa para calentarlo. El proceso se invierte durante el verano, las bombas de calor trasladan el calor de la casa al exterior cálido. [24]

Tienen como ventaja que reducen el uso de electricidad entre un 30-60% en comparación con los sistemas tradicionales de calefacción y refrigeración eléctrica.

Para su funcionamiento se hace circular un fluido anticongelante a través del circuito y de la bomba de calor para eliminar calor o transferirlo al suelo. El proceso de transferencia de calor tiene lugar a través de la pared de la tubería, entre la tubería y la tierra o el agua subterránea. Por lo tanto, no se produce contacto físico entre el suelo y el anticongelante. [25]



Los circuitos de tubo de plástico se pueden colocar en el suelo en varias orientaciones. También se pueden colocar en un estanque cercano siempre que el estanque no se congele durante los meses de invierno. La elección del sistema de bucle depende del clima, las condiciones del suelo, la tierra disponible y los costos de instalación locales en el sitio. Hay varios tipos de circuitos:

1- Circuito cerrado: Horizontal, vertical, estanque o lago

2- Circuito abierto

1- Circuito cerrado:

Horizontal:

Los sistemas de circuito cerrado generalmente se usan para instalaciones residenciales. Pueden ser más rentables, particularmente para construcciones nuevas si hay suficiente tierra disponible.

Vertical:

Los sistemas verticales son más convenientes para grandes edificios comerciales y escuelas que a menudo tienen una disponibilidad limitada de tierra.

	CAPTADOR VERTICAL	CAPTADOR HORIZONTAL
Temperatura del suelo	Constante durante todo el año	Ligeramente variable en el año
Requerimiento de terreno	Mínimo	Alto
Impacto sobre organización del terreno	Mínimo	Alto
Uso del terreno en el futuro	Libre	Limitado
Transmisión de la energía	Muy buena	Buena
Consumo de energía eléctrica	Muy bajo	Bajo
Relación de cálculo (de referencia)	1 / 0,75 - 1 (m ² suelo radiante/m perforación)	1 / 1,5 - 2 (m ² suelo radiante/m ² terreno)
Costes de instalación	Mayor	Menor (aprox. 50% de captador vertical)

Ilustración 18: Comparativa del captador vertical y el horizontal

Estanque o lago:

Si la casa tiene un estanque grande cerca, este tipo de ciclo se puede utilizar para la bomba de calor. Este tipo de instalación es el más asequible. Las tuberías subterráneas conectan una bomba de calor dentro del edificio con el circuito del estanque.

2- Circuito abierto:

Los sistemas de circuito abierto aprovechan el agua subterránea para operar la bomba de calor.

Este tipo de sistema usa pozos o una superficie de agua como fluido de intercambio de calor.

El agua circula en un circuito cerrado y se devuelve al suelo bien a través de una recarga bien o descargándose a la superficie.

Esta opción es práctica solo cuando hay un suministro de agua adecuado con agua relativamente limpia para la descarga de la superficie.

Las ventajas de los sistemas de circuito abierto son menos pérdida de calor y menores costos.



3.3.5. Ventajas y desventajas

Ventajas:

Tiene una eficacia muy alta debido a que se encargan de transportar calor en vez de generarlo y es capaz de ofrecer entre dos y cinco veces más energía que la que consumen.

Consumo eléctrico muy bajo.

Vida útil de unos 25 años.

Tiempo para la puesta en servicio es menor que para otras fuentes de energía.

Puede realizar una doble funcionalidad, al ser reversible.

No contamina, puesto que no produce CO_2

Utilización del terreno para diversas actividades.

Fácil instalación.

Disponibilidad total durante todo el año.

Desventajas:

Necesita zonas donde la temperatura no descienda demasiado, operan adecuadamente hasta temperaturas por debajo de los 10°C.

Alta inversión inicial

En caso de que se produzca alguna fuga podría contaminar el área de alrededor.

Aumento de la potencia eléctrica contratada para la casa.

Deterioro del paisaje.

El *cop* varía con la temperatura exterior.



4. Estudio energético del edificio en su estado actual (CE3X)

Este programa ha sido desarrollado por Efinovatic y el Centro Nacional de Energías Renovables “CENER”. El CENER se encarga del desarrollo y el mantenimiento del programa. El

CE³X es propiedad del IDEA y su distribución es gratuita. La versión que utilizaremos para realizar nuestro estudio es el CE³X v2.3.

Con este programa se puede realizar el certificado de eficiencia energética de cualquier tipo de edificio ya sea residencia, pequeño terciario o gran terciario. Además, se encarga de calificar la eficiencia energética dentro de una escala de siete letras, que va desde la más eficiente que es la A hasta la menos eficiente que es la G.

El programa nos da la posibilidad de introducir los valores de entrada en función de si son conocidos, estimados o por defecto. Esta posibilidad viene dada en los apartados de la envolvente térmica como en la de las instalaciones del edificio.

También permite la introducción de complementos que pueden ser descargados desde el menú complementos de la página web.

La obtención de este certificado permite conseguir la etiqueta de eficiencia energética, que se encuentra incluida automáticamente en la aplicación, además indica la clasificación de eficacia energética del edificio y también tienes la posibilidad de realizar un análisis económico en las medidas de ahorro energético.

El programa va actualizándose constantemente a medida que avanza el sector. [26]

4.1. Datos administrativos

Al iniciar el programa nos aparece esta primera pantalla en la cual tenemos que elegir el tipo de edificio. En nuestro caso es un edificio residencial.

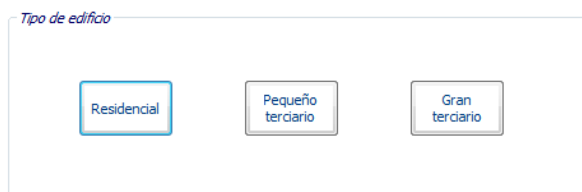


Ilustración 19: Menú de inicio

Una vez seleccionada la pestaña del tipo de edificio, nos aparece una nueva ventana donde tendremos que rellenar una serie de datos administrativos.



CE3X - RES: Certificación energética simplificada de edificios existentes - Residencial

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda Acerca de

Datos administrativos Datos generales Envolverte térmica Instalaciones

Localización e identificación del edificio

Nombre del edificio

Dirección

Provincia/Ciudad autónoma Localidad Código Postal

Referencia Catastral +

Datos del cliente

Nombre o razón social

Dirección

Provincia/Ciudad autónoma Localidad Código Postal

Teléfono E-mail

Datos del técnico certificador

Nombre y Apellidos NIF

Razón social CIF

Dirección

Provincia/Ciudad autónoma Localidad Código Postal

Teléfono E-mail

Titulación habilitante según normativa vigente

Ilustración 20: Datos administrativos

En los datos administrativos encontramos la localización e identificación del edificio, datos del cliente y datos del técnico certificador.

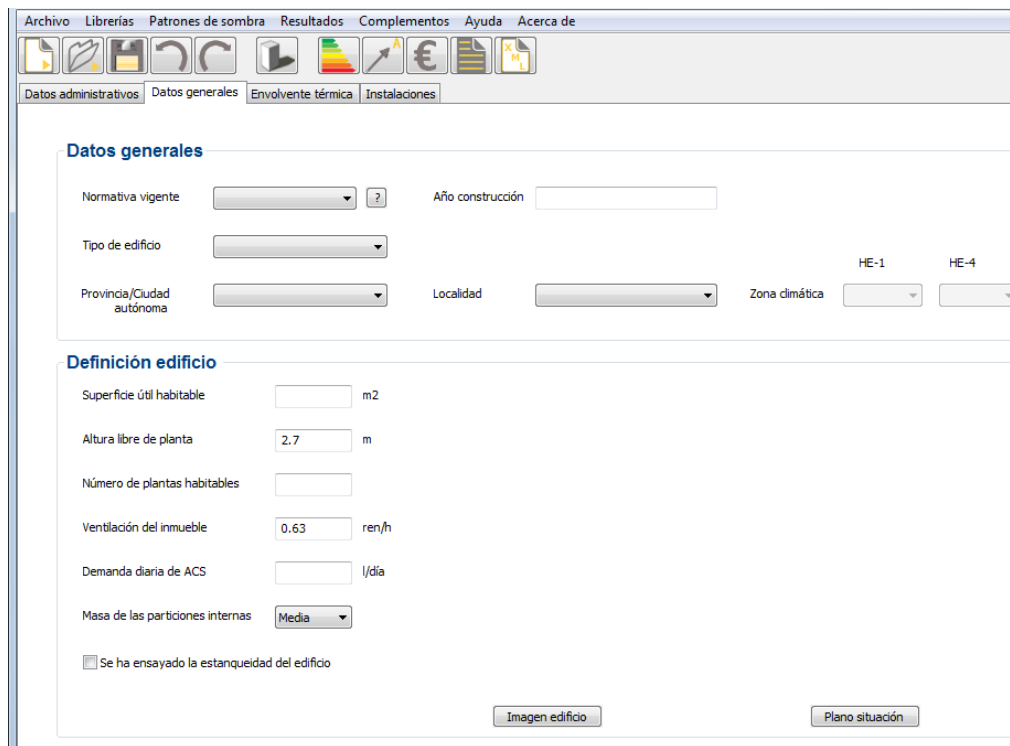
Localización e identificación del edificio: Nos pide el nombre del edificio, dirección, provincia, código postal.

Datos de cliente: Introduciremos los datos personales del cliente, nombre, dirección, teléfono, correo electrónico...

Datos del técnico certificador: Aquí piden mis datos, nos piden los mismos datos que al cliente salvo que además nos piden la titulación, puesto que por normativa, no cualquier persona puede realizar esto.

4.2. Datos generales

A continuación tendremos que introducir unos datos generales del edificio, datos que tienen que ver con características específicas de la construcción del edificio y con la definición del edificio.



El software muestra una interfaz con varias pestañas: Archivo, Librerías, Patrones de sombra, Resultados, Complementos, Ayuda y Acerca de. La pestaña activa es 'Datos generales', que contiene los siguientes campos:

- Datos generales:**
 - Normativa vigente: Selector de lista con un icono de ayuda (?) a su derecha.
 - Año construcción: Campo de texto.
 - Tipo de edificio: Selector de lista.
 - Provincia/Ciudad autónoma: Selector de lista.
 - Localidad: Selector de lista.
 - Zona climática: Selector de lista con opciones HE-1 y HE-4.
- Definición edificio:**
 - Superficie útil habitable: Campo de texto con unidad m².
 - Altura libre de planta: Campo de texto con valor 2.7 y unidad m.
 - Número de plantas habitables: Campo de texto.
 - Ventilación del inmueble: Campo de texto con valor 0.63 y unidad ren/h.
 - Demanda diaria de ACS: Campo de texto con unidad l/día.
 - Masa de las particiones internas: Selector de lista con opción Media.
 - ☐ Se ha ensayado la estanqueidad del edificio.

En la parte inferior del formulario hay dos botones: 'Imagen edificio' y 'Plano situación'.

Ilustración 21: Datos generales y definición del edificio

Los datos generales son la normativa vigente, año de construcción, tipo de edificio, provincia y localización.

Año de construcción / Provincia y localización

La normativa vigente: El programa nos da a elegir entre diferentes normativas dependiendo del año de fabricación del edificio.

Tipo de edificio: Se refiere a si queremos evaluar el edificio completamente o parte de él. En nuestro caso la definición del edificio es completa.

Zona climática: Introducidas la provincia y la localidad la zona climática se introduce automáticamente, pero también lo podríamos buscar en la tabla que adjunto.



Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora para un bloque de viviendas

Zonas climáticas Península Ibérica																		
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Albacete	D3	677										h < 450			h < 950			h ≥ 950
Alicante/Alacant	B4	7					h < 250					h < 700			h ≥ 700			
Almería	A4	0	h < 100				h < 250	h < 400				h < 800			h ≥ 800			
Ávila	E1	1054														h < 550	h < 850	h ≥ 850
Badajoz	C4	168									h < 400	h < 450			h ≥ 450			
Barcelona	C2	1											h < 250			h < 450	h < 750	h ≥ 750
Bilbao/Bilbo	C1	214												h < 250			h < 250	h ≥ 250
Burgos	E1	861															h < 600	h ≥ 600
Cáceres	C4	385									h < 600				h < 1050			h ≥ 1050
Cádiz	A3	0		h < 150				h < 450				h < 600	h < 850			h ≥ 850		
Castellón/Castelló	B3	18						h < 50				h < 500			h < 600	h < 1000		h ≥ 1000
Ceuta	B3	0						h < 50										
Ciudad Real	D3	630									h < 450	h < 500			h ≥ 500			
Córdoba	B4	113					h < 150					h < 550				h ≥ 550		
Coruña, La/ A Coruña	C1	0												h < 200			h ≥ 200	
Cuenca	D2	975													h < 800	h < 1050		h ≥ 1050
Gerona/Girona	D2	143											h < 100			h < 600		h ≥ 600
Granada	C3	754	h < 50				h < 350				h < 600	h < 800			h < 1300			h ≥ 1300
Guadalajara	D3	708													h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Huelva	A4	50	h < 50				h < 150	h < 350				h < 800			h ≥ 800			
Huesca	D2	432										h < 200			h < 400	h < 700		h ≥ 700
Jáen	C4	436					h < 350				h < 750				h < 1250			h ≥ 1250
León	E1	346																h < 1250
Lérida/Lleida	D3	131										h < 100			h < 600			h ≥ 600
Logroño	D2	379											h < 200			h < 700		h ≥ 700
Lugo	D1	412															h < 500	h ≥ 500
Madrid	D3	589										h < 500			h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Málaga	A3	0						h < 300				h < 700			h ≥ 700			
Melilla	A3	130																
Murcia	B3	25						h < 100				h < 550			h ≥ 550			
Orense/Ourense	D2	327										h < 150	h < 300			h < 800		h ≥ 800
Oviedo	D1	214												h < 50			h < 550	h ≥ 550
Palencia	D1	722															h < 800	h ≥ 800
Palma de Mallorca	B3	1						h < 250				h ≥ 250						
Pamplona/Iruña	D1	456											h < 100			h < 300	h < 600	h ≥ 600
Pontevedra	C1	77												h < 350			h ≥ 350	
Salamanca	D2	770														h < 800		h ≥ 800
San Sebastián/Donostia	D1	5															h < 400	h ≥ 400
Santander	C1	1												h < 150			h < 650	h ≥ 650
Segovia	D2	1013														h < 1000		h ≥ 1000
Sevilla	B4	9					h < 200				h ≥ 200							
Soria	E1	984														h < 750	h < 800	h ≥ 800
Tarragona	B3	1						h < 50				h < 500			h ≥ 500			
Teruel	D2	995										h < 450	h < 500			h < 1000		h ≥ 1000
Toledo	C4	445									h < 500				h ≥ 500			
Valencia/Valencia	B3	8						h < 50				h < 500				h < 950		h ≥ 950
Valladolid	D2	704														h < 800		h ≥ 800
Vitoria/Gasteiz	D1	512															h < 500	h ≥ 500
Zamora	D2	617															h < 800	h ≥ 800
Zaragoza	D3	207										h < 200			h < 650			h ≥ 650
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1

Ilustración 22: Zona climática de la península ibérica

En la definición del edificio los valores que introduciremos son más específicos. Algunos son la superficie útil habitable, altura libre de planta, número de plantas habitables, ventilación del inmueble, demanda diaria de agua caliente sanitaria “ACS”, masa de las particiones internas. También se puede introducir una imagen del edificio y un plano situación eso facilita la localización del edificio.

Superficie útil habitable: Gracias a los planos desarrollados anteriormente en Autocad podremos sacar un valor en m^2 aunque también los podríamos mirar en el catastro del edificio.

Altura libre de planta: Igual que en el apartado anterior obtendremos los valores mirando el perfil de los planos desarrollados introduciendo el valor en m .

Número de plantas habitables: Dato conocido, hay dos bloques de 4 plantas cada uno.

Ventilación del inmueble: Es la tasa de ventilación del inmueble en renovaciones a la hora nos establece un valor por defecto el cual lo mantendremos. Este valor se modificaría en caso de haber elegido pequeño terciario o gran terciario que en estos casos sería de 0,8 ren/h, ósea mayor que en el caso de edificios residenciales. [27]

Demanda diaria de agua caliente sanitaria “ACS”: Para sacar este valor nos ayudaremos del documento básico de ahorro de energía de contribución solar mínima de agua caliente sanitaria “DB HE-4”. La tabla nos muestra diferentes criterios de



demanda para diferentes lugares, en nuestro caso como es una vivienda será de
 $28 \frac{\text{litros}}{\text{día} \cdot \text{persona}}$.

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C⁽¹⁾

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Ilustración 23: Tabla de consumo de ACS, DB HE-4.

Masa de las particiones internas: Las estimamos como que son medias, puesto que no sabemos cuál es la cantidad de hormigón que hay.

El programa nos pregunta que si hemos analizado la permeabilidad del edificio que es la estanqueidad, que como no lo hemos hecho, no marcaremos la casilla.

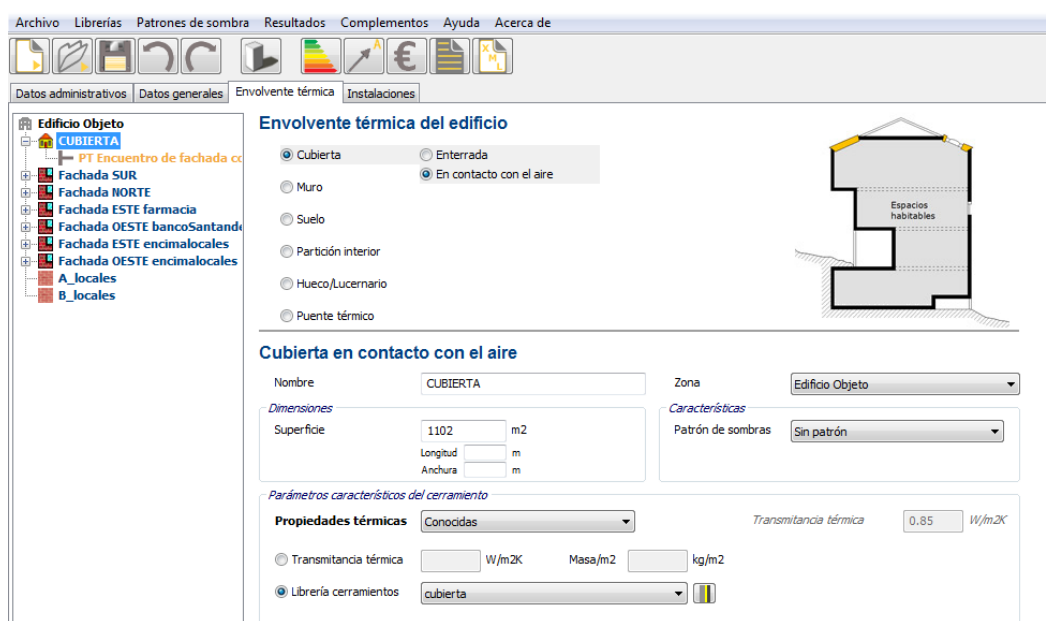
Nos da la opción de poner una serie de fotos de nuestro edificio para identificarlo de una forma más rápida, la primera es una foto de nuestro edificio y la segunda es del plano de situación.

4.3. Envoltente térmica

Completado los datos del edificio, entraremos en la siguiente pestaña que es la envoltente térmica. Aquí tenemos que completar una serie de apartados como son la cubierta, muro, suelo, partición interior, hueco/lucernario y puente térmico. Nuestro edificio son dos bloques separados por unos locales comerciales de forma rectangular, esto quiere decir que tendremos que definir las cuatro fachadas. Gracias a los planos que realizamos al principio del proyecto y la descripción que hicimos anteriormente del edificio, nos facilitarán esta tarea bastante. Primero haremos una pequeña definición de cada apartado de la envoltente térmica.

4.3.1. Cubierta

Dentro de la cubierta encontramos dos posibilidades que este enterrada o en contacto con el aire. Nuestro edificio consta de una cubierta, la cual está en contacto con el aire.



La imagen muestra la interfaz de usuario de un software de simulación energética, específicamente la pestaña 'Envoltente térmica'. En el panel izquierdo, se muestra el árbol de objetos del edificio, con 'CUBIERTA' seleccionada. El panel principal está dividido en varias secciones:

- Envoltente térmica del edificio:** Seleccionada la opción 'Cubierta' y 'En contacto con el aire'.
- Cubierta en contacto con el aire:**
 - Nombre: CUBIERTA
 - Zona: Edificio Objeto
 - Dimensiones: Superficie 1102 m², Longitud y Anchura en metros.
 - Características: Patrón de sombras 'Sin patrón'.
 - Parámetros característicos del cerramiento:
 - Propiedades térmicas: Conocidas.
 - Transmitancia térmica: 0.85 W/m²K.
 - Librería cerramientos: cubierta.

Ilustración 24: Envoltente térmica del edificio, Cubierta

Una vez definida que es una cubierta en contacto con el aire, tendremos que definir la superficie de la cubierta, la cual la sacaremos de los planos. Nuestra cubierta está constituida por un forjado, cámara de aire, aislamiento, capa compresora y pizarra del interior al exterior.

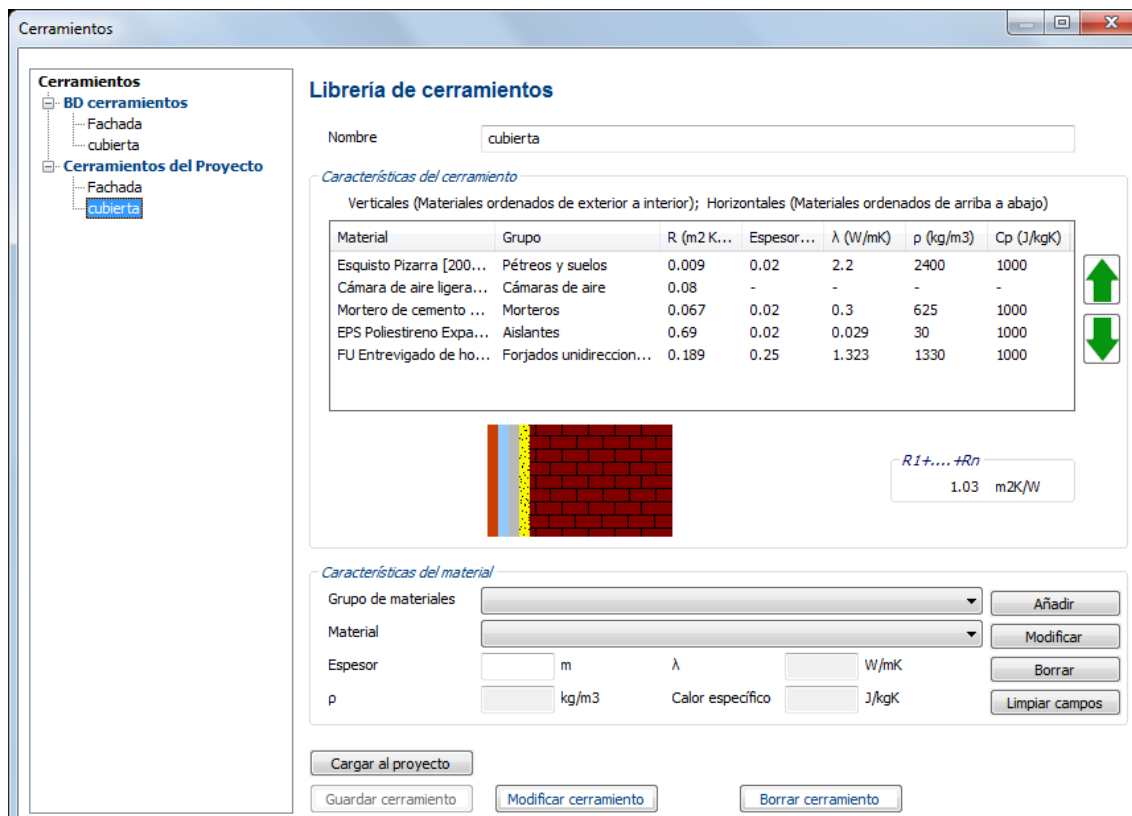
Nuestro edificio tendrá un patrón de sombras puesto que la sombra del edificio se la proporciona el mismo, la zona de la sombra se encuentra encima de la zona de locales.

Las propiedades térmicas del edificio se pueden estimar con tres valores, por defecto, estimado o conocido.

Valor por defecto: Se utiliza cuando no se conocen las características térmicas ni los parámetros de cerramiento.

Valor estimado: Aparece como una definición constructiva de la cubierta, determinando si la cubierta es plana o inclinada y el tipo de forjado que contiene. Estos valores podrán variar en función de existencia de aislamiento térmico.

Valor conocido: Se obtiene a través de ensayos, catas en los cerramientos, que como nosotros las conocemos serán las que apliquemos.



Cerramientos

Librería de cerramientos

Nombre: cubierta

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m³)	Cp (J/kgK)
Esquisto Pizarra [200...	Pétreos y suelos	0.009	0.02	2.2	2400	1000
Cámara de aire ligera...	Cámaras de aire	0.08	-	-	-	-
Mortero de cemento ...	Morteros	0.067	0.02	0.3	625	1000
EPS Poliestireno Expa...	Aislantes	0.69	0.02	0.029	30	1000
FU Entrevigado de ho...	Forjados unidireccion...	0.189	0.25	1.323	1330	1000

$R1 + \dots + Rn$
1.03 m²K/W

Características del material

Grupo de materiales: [dropdown]
Material: [dropdown]
Espesor: [input] m λ : [input] W/mK
 ρ : [input] kg/m³ Calor específico: [input] J/kgK

[Añadir] [Modificar] [Borrar] [Limpiar campos]

[Cargar al proyecto] [Guardar cerramiento] [Modificar cerramiento] [Borrar cerramiento]

Ilustración 25: Librería de cerramientos en cubierta

También lo tenemos calculado analíticamente, para así poder aplicar los conocimientos adquiridos en alguna asignatura cursada.

Tabla 4.1: Materiales de los que está compuesta la cubierta

MATERIALES	e	λ	R
Pizarra	0,02	2,2	0,009
Cámara aire	0,02	-	0,080
Capa compresora	0,02	0,3	0,067
Poliestireno extrusionado	0,02	0,029	0,690
Forjado	0,25	1,323	0,189

Como tenemos el espesor “e” y la conductividad térmica “ λ ” de cada material podremos calcular la resistencia térmica “R”, aunque la resistencia térmica nos la proporciona el programa.

A la cámara de aire ligeramente ventilada horizontal de 2 cm tiene una resistencia térmica en la que el programa nos proporciona directamente el valor.

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Ilustración 26: Formula de la resistencia total

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,02}{2,2} + 0,08 + \frac{0,02}{0,3} + \frac{0,02}{0,029} + \frac{0,25}{1,323} = 1,034 \frac{m^2 * K}{W}$$

Otra forma de calcularlo:

$$R = 0,009 + 0,08 + 0,067 + 0,690 + 0,189 = 1,034 \frac{m^2 * K}{W}$$

Para calcular la resistencia total tambien hay que introducir el valor de la resistencia termica de aire interior " R_{si} " y la resistencia termica de aire exterior " R_{se} ", el cual lo sacaremos de la siguiente tabla:

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 \cdot K / W$

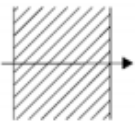
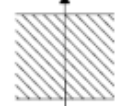
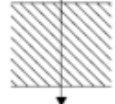
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

Ilustración 27: Resistencia térmicas de cerramientos en contacto con el aire exterior

Como nuestra cubierta tiene una pendiente de aproximadamente 30° , cogeremos los valores de los cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente, por lo que nuestros parametros para la $R_{se} = 0,04$ y $R_{si} = 0,1$.

$$R_T = R_{si} + R_l + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Ilustración 28: Sumatorio de las resistencias que intervienen en la cubierta

$$R_T = 0,009 + 0,08 + 0,067 + 0,690 + 0,189 + 0,04 + 0,1 = 1,778 \frac{m^2 * K}{W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Ilustración 29: Transmitancia térmica

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1,778} = 0,852 \frac{W}{m^2 * K}$$

4.3.2. Muro

La siguiente opción es la fachada o el muro. Los muros pueden encontrarse de tres formas, en contacto con el terreno, de fachada y medianería.

Muro de fachada: Lo primero que tenemos que definir es la superficie y la orientación. La orientación nos la pide para tener en cuenta la sombra. En nuestro caso hay cuatro fachadas, las cuales estas compuestas de yeso, ladrillo hueco, aislamiento de poliestireno extrusionado, cámara de aire, revoco y ladrillo de cara vista macizo tipo Covadonga 70mm.

Dentro de las fachadas introducimos los huecos o lucernarios, dependiendo de la orientación de la fachada encontraremos diferentes tipos de ventanas.

Para intentar ser lo más precisos posibles definiremos la composición de las fachadas ya que el programa nos da la opción de ello. Los cuatro muros de fachadas están constituidos por los mismos materiales. Estos habrá que introducirlos desde el exterior al interior.

El programa nos divide los materiales en grupos “textil, bituminosos, metales, maderas...”, después nos aparecerá una listado de los distintos materiales que hay en esos grupos. Hay algunos datos que nos les da el programa de forma automática como la densidad, calor específico...

Cerramientos

- BD cerramientos
 - Fachada cubierta
- Cerramientos del Proyecto
 - Fachada cubierta

Librería de cerramientos

Nombre:

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m ² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
1/2 pie LM métrico o c...	Fábricas de ladrillo	0.116	0.115	0.991	2170	1000
Mortero de cemento ...	Morteros	0.05	0.02	0.4	875	1000
EPS Poliestireno Expa...	Aislantes	0.533	0.02	0.0375	30	1000
Cámara de aire sin ve...	Cámaras de aire	0.18	-	-	-	-
Tabicón de LH doble ...	Fábricas de ladrillo	0.162	0.07	0.432	930	1000
Enlucido de yeso d < ...	Enlucidos	0.05	0.02	0.4	900	1000



$R1 + \dots + Rn$
1.09 m²K/W

Características del material

Grupo de materiales:

Material:

Espesor: m λ: W/mK

ρ: kg/m³ Calor específico: J/kgK

Ilustración 30: Librería de cerramientos muros

El cálculo que nos da el programa de forma automática los realizaremos manualmente a continuación, para así verificar que coinciden con los valores de las tablas que nos propone el programa. [28]



Tabla 8: Materiales de los que está compuesto el muro

MATERIALES	e	λ	R
Ladrillo	0,116	0,991	0,116
Revoco	0,02	0,4	0,05
Poliestireno extrusionado	0,02	0,037	0,533
Cámara de aire	0,05	-	0,18
Ladrillo hueco	0,07	0,432	0,162
Yeso	0,02	0,4	0,05

Como ya dijimos anteriormente en la cubierta, aquí también tenemos el espesor “e” y la conductividad termica “ λ ” de cada material podremos calcular la resistencia termica “R”, aunque la resistencia termica nos la proporciona el programa. [29]

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Ilustración 31: Formula de la resistencia total

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,116}{0,991} + \frac{0,02}{0,4} + \frac{0,02}{0,037} + 0,05 + \frac{0,07}{0,432} + \frac{0,02}{0,4} = 1,091 \frac{m^2 * K}{W}$$

Otra forma de calcularlo:

$$R = 0,116 + 0,05 + 0,533 + 0,18 + 0,162 + 0,05 = 1,091 \frac{m^2 * K}{W}$$

Para calcular la resistencia total tambien hay que introducir el valor de la resistencia térmica de aire interior “ R_{si} ” y la resistencia termica de aire exterior “ R_{se} ”, el cual lo sacaremos de la siguiente tabla:

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2 \cdot K / W$

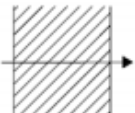

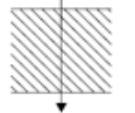
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

Ilustración 32: Resistencia térmica de cerramientos en contacto con el aire exterior

Como nuestra fachada es vertical, cogeremos los valores de los cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $> 60^\circ$ y flujo horizontal, por lo que nuestros valores serán $R_{se} = 0,04$ y $R_{si} = 0,13$.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Ilustración 33 Sumatorio de las resistencias que intervienen en la cubierta

$$R = 0,13 + 0,116 + 0,05 + 0,533 + 0,18 + 0,162 + 0,05 + 0,04 = 1,261 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Ilustración 34: Transmitancia térmica

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{1,261} = 0,793 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Muro de medianería: Se refiere a los muros que se comparten con el edificio colindante.

Muro en contacto con el suelo: Cuando introducimos esta opción el programa nos pregunta cuál es la superficie enterrada de la fachada, además nos da opción de calcular la transmisión térmica de dos formas, por defecto o estimándola.

4.3.3. Partición interior

Se define como la zona que se encuentra en contacto un espacio no habitable. Las opciones que podremos elegir en la partición interior son verticales, horizontales en contacto con espacios no habitables superiores y horizontales en contacto con espacio no habitable inferior.

En nuestro caso encontraremos una partición interior horizontal en contacto con un espacio no habitable superior.

4.3.4. Huecos o lucernarios

Dicho de otra forma son las ventanas o ventanales, en nuestro edificio podemos encontrar diferentes tipos dependiendo de la fachada. Para definir esto lo primero que



hay que hacer es introducir en qué tipo de cerramiento nos encontramos y como anteriormente definimos la fachada y la orientación ya aparecerá rellena. Dependiendo de la fachada nos dará valores diferentes de transmitancia.

Posteriormente introduciremos las dimensiones de las ventanas y el número de ventanas que hay en cada fachada.

4.3.5. Puente térmico

El puente térmico es una zona donde se fuga calor de una manera más fácil, suelen producirse en lugares donde no hay aislante.

En nuestro edificio encontraremos todos los tipos de puentes térmicos salvo encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire.

4.3.5.1. Pilar integrado en fachada:

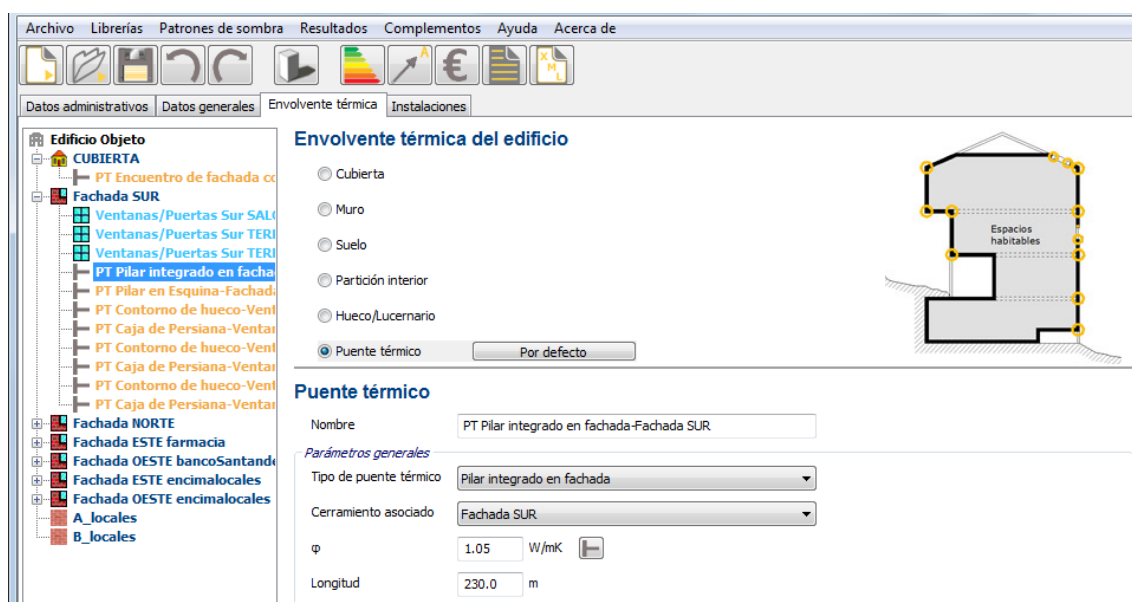


Ilustración 35: Pilar integrado en fachada

4.3.5.2. Pilar en esquina:

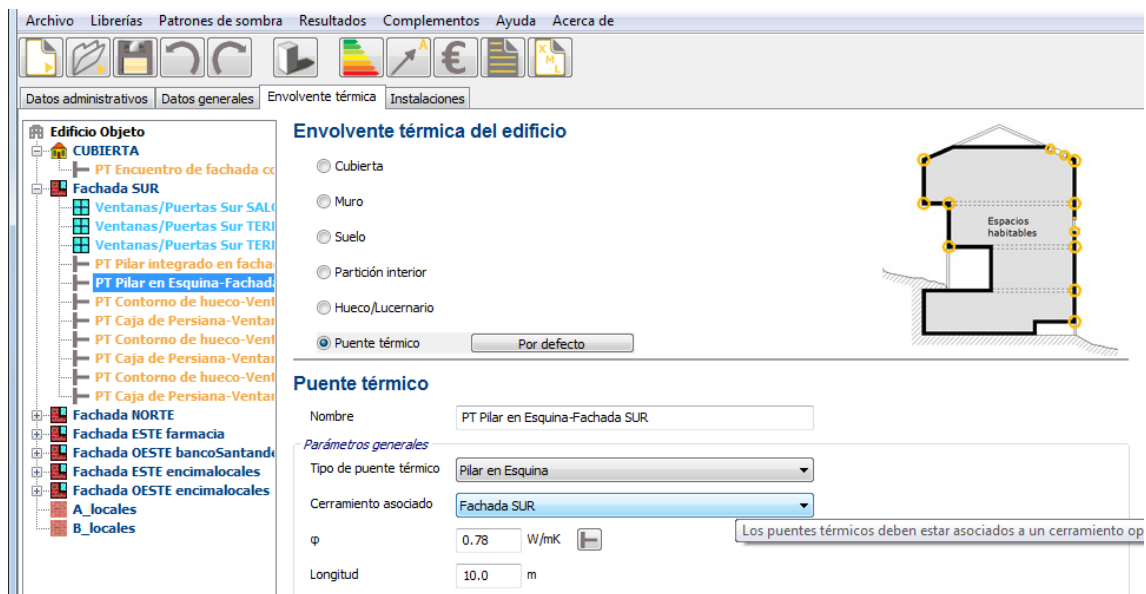


Ilustración 36: Pilar de esquina

4.3.5.3. Contorno de hueco:

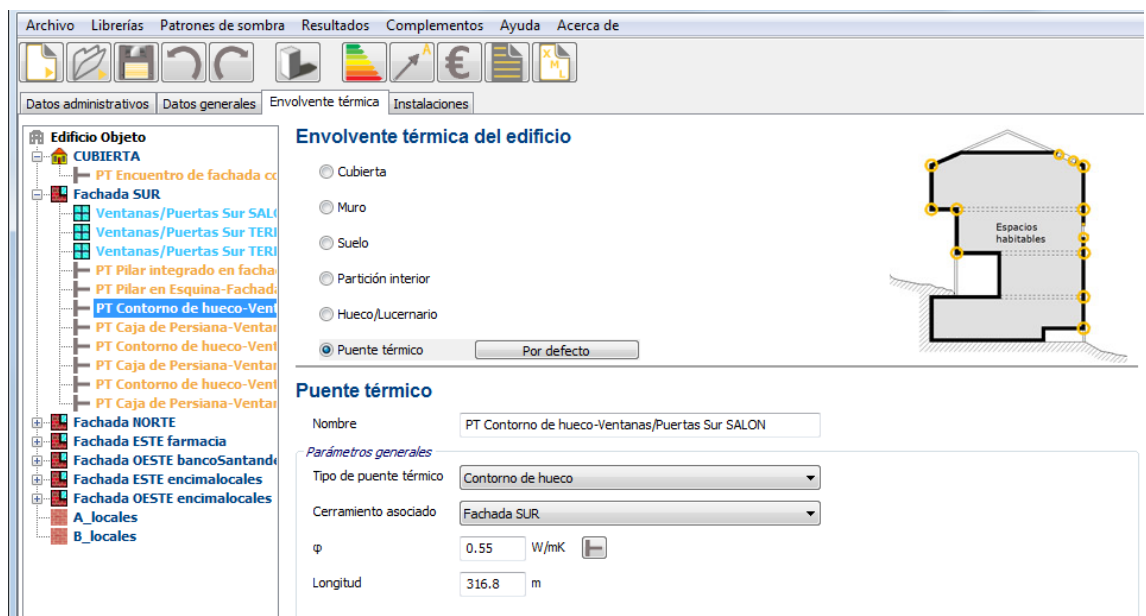


Ilustración 37: Contorno de hueco

4.3.5.4. Caja de persianas:

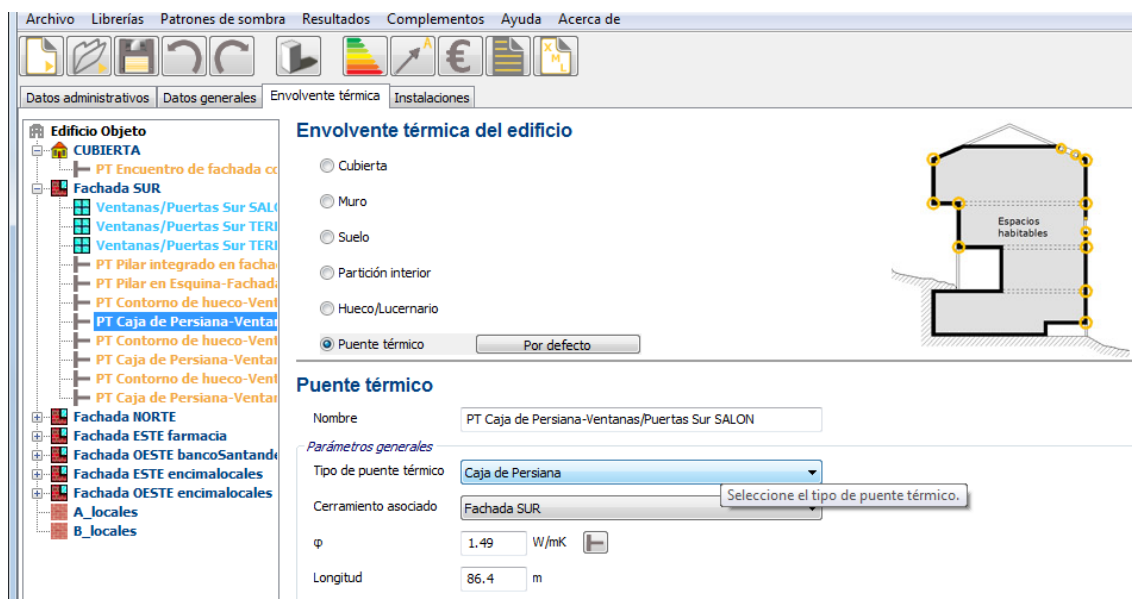


Ilustración 38: Caja de persianas

4.3.5.5. Encuentro de fachada con cubierta:

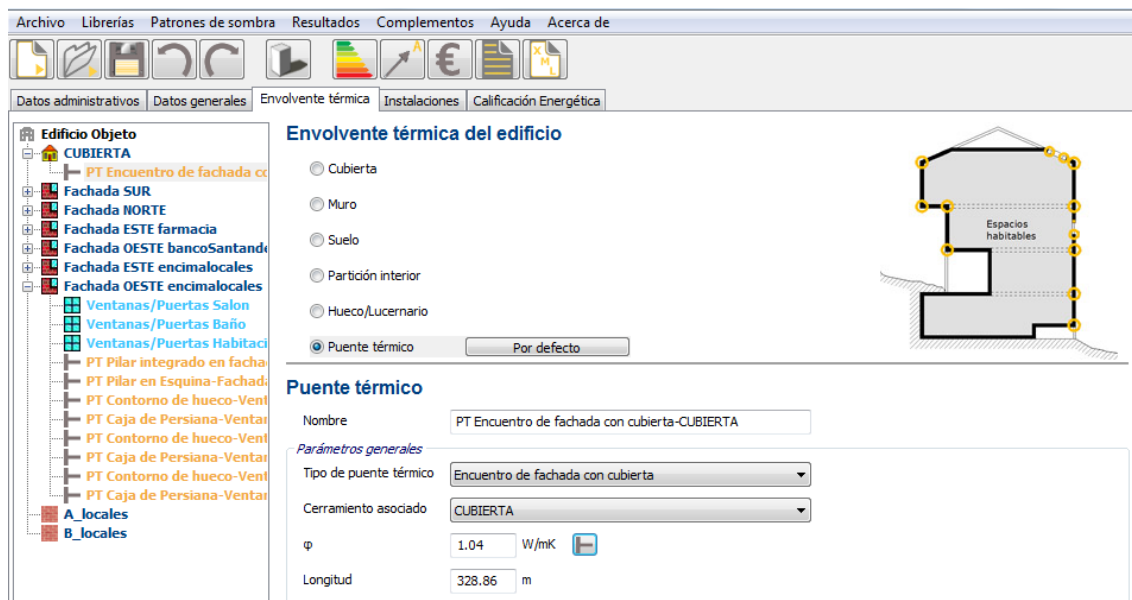


Ilustración 39: Encuentro de fachada con cubierta



4.4. Instalación actual sin la aplicación de ninguna mejora

Para terminar, la última pestaña que nos aparece en el programa es la instalación. Nuestro edificio está constituido por un equipo mixto de calefacción y ACS.

El software muestra la configuración de las instalaciones del edificio. En la pestaña 'Instalaciones', se selecciona 'Equipo mixto de calefacción y ACS'. Se detallan las características del equipo, como el tipo de generador (Caldera Estándar) y el tipo de combustible (Gas Natural). Se especifica el rendimiento medio estacional (61.8 %) y el aislamiento de la caldera (Antigua con mal aislamiento).

Instalaciones del edificio

☐ Equipo de ACS ☐ Contribuciones energéticas

☐ Equipo de sólo calefacción

☐ Equipo de sólo refrigeración

☐ Equipo de calefacción y refrigeración

☒ Equipo mixto de calefacción y ACS

☐ Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Equipo mixto de calefacción y ACS

Nombre: CALEFACCION Zona: Edificio Objeto

Características

Tipo de generador: Caldera Estándar

Tipo de combustible: Gas Natural

Demanda cubierta

	ACS	Calefacción
Superficie (m2)	2928.0	2928.0
Porcentaje (%)	100	100

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional: Estimado según Instalación

Potencia nominal: 24.0 kW

Carga media real Bcmb: 0.2

Rendimiento de combustión: 90.0 %

Rendimiento medio estacional (ACS y Calefacción): 61.8 %

Aislamiento de la caldera: Antigua con mal aislamiento

☐ Con Acumulación

Ilustración 40: Instalaciones

Para empezar definiremos el tipo de caldera que opera en el edificio y el tipo de combustible que con el que funcionara. Está constituido por una caldera individual estándar y el combustible es gas natural.

El rendimiento medio estacional lo definimos como el rendimiento del generador de calor a lo largo de toda la campaña de invierno. Este rendimiento viene en función de las condiciones variables de demanda y funcionamiento de una instalación real.

El rendimiento estacional en el cual lo establecemos por defecto con una potencia nominal de 24 kW, la carga media de real de Bcmb de 0,2 es un valor que se podría calcular con las lecturas de la caldera y el rendimiento. En nuestro caso el rendimiento de la combustión es del 90%.

De la caldera también decimos que tiene un aislamiento antiguo y de mala calidad.



4.5. Calificación energética del edificio sin ninguna mejora

Una vez finalizada la realización del estudio del edificio y obtenido el certificado con el correspondiente nivel de eficacia energética. Nuestro edificio tiene una calificación baja puesto que se trata de una letra E, con un indicador de emisiones de calefacción $28.1 \frac{kg \cdot CO_2}{m^2}$ y las emisiones de ACS $11.1 \frac{kg \cdot CO_2}{m^2}$. Ahora realizaremos una serie de cambios para mejorar la eficacia del edificio, ya que esto es obligatorio por normativa.

Algunas propuestas son casi imposibles de llevar a cabo por lo que las descartaremos rápidamente otras sin embargo serán más eficientes y económicamente más rentables.

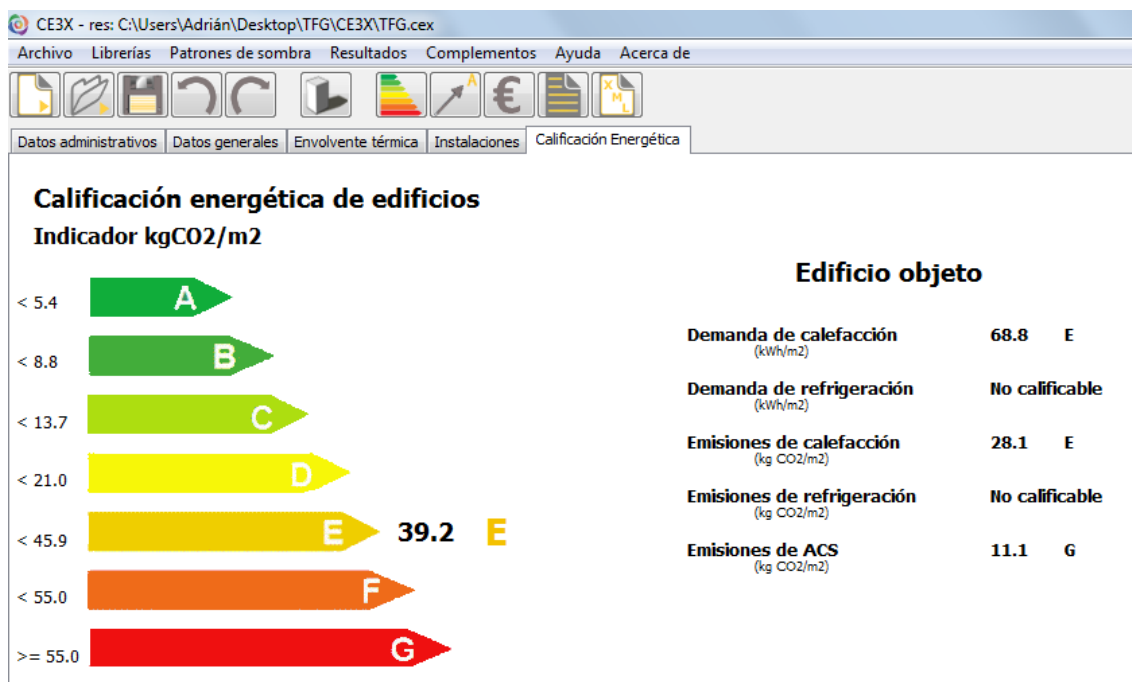


Ilustración 41: Calificación energética del edificio.



5. Instalaciones de las medidas de mejora

5.1. Mejora 1: Caldera de biomasa

La primera medida de mejora que propondremos será la de sustituir la antigua caldera por una caldera de biomasa de pellets. La caldera se caracterizaba porque tenía un bajo rendimiento y está muy mal aislada. Introduciendo la caldera de biomasa en el programa CE3X nos establece una calificación energética del edificio de 12,7 C.

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	68,8 E	68,8 E	0,0 %
Demanda de refrigeración	No calificable	No calificable	-
Emisiones de calefacción	1,5 A	28,1 E	94,5 %
Emisiones de refrigeración	No calificable	No calificable	-
Emisiones de ACS	11,1 G	4,5 E	-150,0 %
EMISIONES GLOBALES	12,7 C	32,5 E	61,0 %

Ilustración 42: Mejora 1: Caldera de biomasa

Para esta medida podemos observar que se ha producido una mejora muy significativa, esto se debe a que el combustible utilizado es de carácter natural por que la cantidad de emisiones contaminantes son prácticamente nulas. Desde un enfoque energético la mejora es muy favorable mientras que desde un punto de vista más económico el coste sería muy elevado.

Se propone sustituir las 48 calderas individuales estándar por una caldera de biomasa con una capacidad de unos 250 KW, esta proporcionara una energía térmica al circuito de agua caliente. La ubicación de dicha caldera se instalaría en el garaje en la antigua zona de se localizaban los depósitos de agua debido a que las dimensiones de los depósitos de agua son muy similares a las de la caldera que son 1911x1116x1906 mm, además de tener espacio suficiente para el almacén de combustible.

Se utiliza como fuente de energía térmica para ACS y calefacción siendo capaz de cubrir la demanda total.

El combustible empleado ayuda a reducir las emisiones de CO2 en comparación con el que había antes instalado, además este combustible se caracteriza por ser más barato que el gas lo que proporcionaría un ahorro en la factura.



Puesto que la caldera necesita pellets para la realización de la combustión, la elección del combustible que hemos elegido son los pellets de madera a granel de clase A1 los cuales tienen un poder calorífico de 4200 Kcal/Kg, se componen de madera de origen forestal y residuos de madera sin tratar químicamente además de tener bajos contenidos de cloro, cenizas y nitrógeno. Su precio se mantiene casi constante a lo largo de los años, el kilogramo de pellets varía entre los 0,3 y los 0,45 €/kg.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt38cbh018bwj	Ud	Caldera para la combustión de pellets, potencia nominal de 76,8 a 249 kW, con cuerpo de acero soldado y ensayado a presión, de 1911x1116x1906 mm, aislamiento interior, cámara de combustión con parrilla móvil con sistema automático de limpieza mediante parrilla basculante, intercambiador de calor de tubos verticales con mecanismo de limpieza automática, sistema de recogida y extracción de cenizas del módulo de combustión y depósito de cenizas extraíble, control de la combustión mediante sonda integrada, sistema de mando integrado con pantalla táctil, para el control de la combustión, del acumulador de A.C.S., del depósito de inercia y de la válvula mezcladora para un rápido calentamiento del circuito de calefacción.	1,000	42278,93	42278,93
mt38cbh084a	Ud	Motor introductor trifásico, a 400 V, para almacén intermedio de caldera Firematic.	1,000	1574,63	1574,63
mt38cbh099e	Ud	Base de apoyo antivibraciones, para caldera.	1,000	174,53	174,53
mt38cbh097a	Ud	Limitador térmico de seguridad, tarado a 95°C, formado por válvula y sonda de temperatura.	1,000	79,95	79,95



**Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora
para un bloque de viviendas**



mt38cbh085gga	Ud	Sistema de elevación de la temperatura de retorno por encima de 55°C, compuesto por válvula motorizada de 3 vías de 65 mm de diámetro y bomba de circulación para evitar condensaciones y deposiciones de hollín en el interior de la caldera.	1,000	3181,43	3181,43
mt38cbh320d	Ud	Sistema de extracción de cenizas con transportador helicoidal sinfín flexible, formado por tubo de 3048 mm de longitud, de acero inoxidable, con dos curvas, tornillo sinfín flexible, motor de vaciado, pilar y cabezal de transferencia de la ceniza.	1,000	2616,90	2616,90
mt38cbh321a	Ud	Cajón de cenizas de acero galvanizado, de 240 litros, para sistema de extracción de cenizas con transportador helicoidal sinfín flexible, con apertura por la parte superior.	1,000	944,78	944,78
mt38cbh091e	Ud	Conexión antivibración para conducto de humos de 250 mm de diámetro.	1,000	313,95	313,95
mt38cbh096e	Ud	Regulador de tiro de 250 mm de diámetro, con clapeta antiexplosión, para caldera.	1,000	341,25	341,25
mt38cbh322a	Ud	Montaje de sistema de extracción de cenizas con transportador helicoidal sinfín flexible.	1,000	151,13	151,13
mt38cbh102d	Ud	Supervisión y dirección del procedimiento de ensamblaje y conexionado interno de caldera de biomasa.	1,000	1425,45	1425,45
mt38cbh103d	Ud	Ensamblaje y conexionado interno de caldera de biomasa.	1,000	2632,50	2632,50
mt38cbh100b	Ud	Puesta en marcha y formación en el manejo de caldera de biomasa.	1,000	349,05	349,05



Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora
para un bloque de viviendas

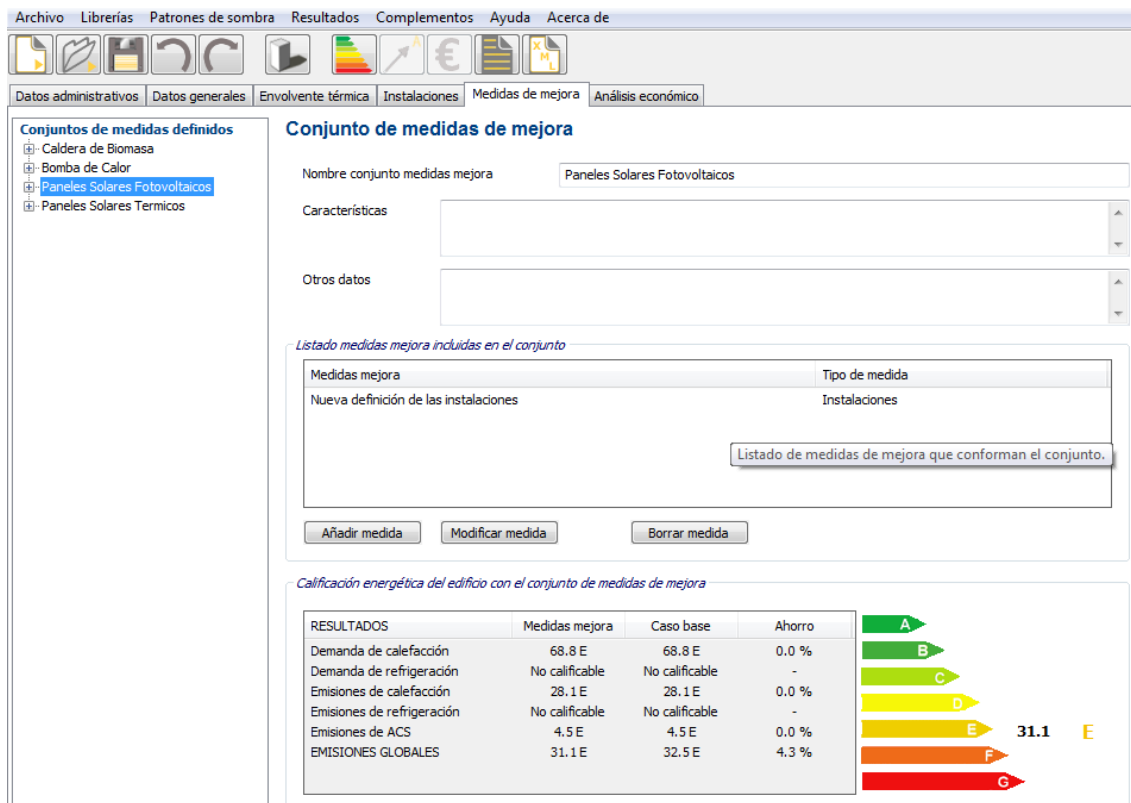


			Subtotal materiales:		56064,48
2	Mano de obra				
mo004	h	Oficial 1ª calefactor.	6,000	19,11	114,66
mo103	h	Ayudante calefactor.	6,000	17,50	105,00
			Subtotal mano de obra:		219,66
3	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	2,000	56284,14	1125,68
Coste de mantenimiento decenal: 25.834,42€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		57409,82

Ilustración 43: Instalación de caldera de biomasa de pellets. Fuente Generador de precios

5.2. Mejora 2: Paneles solares fotovoltaicos

La siguiente medida de mejora que propondremos será la introducción de una nueva instalación de paneles solares fotovoltaicos. Introduciendo esta nueva en el programa CE3X nos establece una calificación energética del edificio de 31,1 E.



Conjunto de medidas de mejora

Nombre conjunto medidas mejora: Paneles Solares Fotovoltaicos

Características:

Otros datos:

Listado medidas mejora incluidas en el conjunto:

Medidas mejora	Tipo de medida
Nueva definición de las instalaciones	Instalaciones

Listado de medidas de mejora que conforman el conjunto.

Añadir medida Modificar medida Borrar medida

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	68.8 E	68.8 E	0.0 %
Demanda de refrigeración	No calificable	No calificable	-
Emisiones de calefacción	28.1 E	28.1 E	0.0 %
Emisiones de refrigeración	No calificable	No calificable	-
Emisiones de ACS	4.5 E	4.5 E	0.0 %
EMISIONES GLOBALES	31.1 E	32.5 E	4.3 %

Gráfico de barras de calificación energética: A, B, C, D, E (31.1), F, G.

Ilustración 44: Mejora 2: Paneles Solares fotovoltaicos

Para esta medida podemos observar que se ha producido una mejora muy poco significativa, en comparación con la inicial donde no se había introducido ninguna mejora. Desde el punto de vista energético la mejora es poco favorable.

En la energía solar fotovoltaica no reduce las emisiones de CO₂ debido a que estos paneles se encargan de transformar la radiación solar en energía eléctrica, puesto que nuestro edificio no funciona con electricidad no se producirá una reducción de las emisiones.

A continuación calcularemos cual es la cantidad de paneles solares fotovoltaicos que tendremos que introducir para que se satisfaga al completo la demanda eléctrica.



Tabla 9: Cálculos para calcular el número de paneles

Potencia "KWh"	Radiación solar "Kwh/m^2 cada día"	Días	Energía "Kwh"	Factor de energía
14544	1,6	31	469,16129	0,003410341
14496	2,4	28	517,714286	0,004635762
14496	3,6	31	467,612903	0,007698675
14160	4,4	30	472	0,009322034
12480	5,2	31	402,580645	0,012916667
12624	5,8	30	420,8	0,013783270
10992	5,7	31	354,580645	0,016075328
12624	4,9	31	407,225806	0,012032636
12864	4,2	30	428,8	0,009794776
12960	2,9	31	418,064516	0,006936728
14784	1,7	30	492,8	0,003449675
13872	1,6	31	447,483871	0,003575548

La potencia que hemos introducido en la tabla es una estimación aproximada de la potencia que tendrá nuestro edificio multiplicado por el número de viviendas a lo largo de todos los meses del año. La siguiente columna de nuestra tabla es la radiación de la cual ya hablamos anteriormente en el apartado 1.2.2.3. Continuaremos calculado cual es la cantidad de energía que consumiremos cada mes, esto lo calcularemos mediante la relación de la potencia entre el número de días. Por ultimo estimaremos el factor de energía que nos indicara cuál de todos los meses es el mes más desfavorable para la captación de energía solar fotovoltaica, es la relación entre la radiación y la energía. El caso más desfavorable está marcado en rojo. Una vez seleccionado el caso más desfavorable calcularemos la cantidad de energía necesaria para ese mes aplicando el rendimiento para posteriormente calcular el número de paneles dividiendo entre la potencia de cada panel.

La energía que se necesitaría para cubrir la demanda sería de 1172903,23 Wh/día la que es la energía de calculada antes dividida por el rendimiento, esta energía es necesaria pasarla a potencia la cual dividiéndola entre la potencia del panel así determinaríamos el número de paneles solares para que cubra el 100% de la demanda.



El número total de paneles para cubrir la demanda es de 500 paneles solares fotovoltaicos y la potencia de cada panel es de 325W.

Como la cantidad de paneles solares fotovoltaicos excede la cantidad de paneles que son capaces de instalar en la cubierta, no se podría abastecer la cantidad total de la demanda.

La cantidad máxima de paneles solares que se podrían instalar es de 153 y la cantidad máxima de potencia que se podría captar es de 44752,5W y por lo tanto la cantidad de máxima de que se podría cubrir es del 30%. En caso de que los paneles solares fotovoltaicos en alguno de los meses se produjeran una cantidad de energía mayor de la que se consume en el edificio, el excedente de energía se podría vender a red.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
				unitario	
1		Materiales			
mt35sol045aDI	Ud	Módulo solar fotovoltaico de células de silicio policristalino, potencia máxima (Wp) 325 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 37,7 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 8,63 A, tensión en circuito abierto (Voc) 45,9 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 8,98 A, eficiencia 16,77%, 72 células de 156x156 mm, vidrio exterior templado de 4 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 1954x982x45 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m ² , resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m ² , peso 29 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores.	1,000	315,25	315,25
				Subtotal materiales:	315,25
2		Mano de obra			
mo009	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	0,361	19,11	6,90
mo108	h	Ayudante instalador de captadores	0,361	17,50	6,32



Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora para un bloque de viviendas



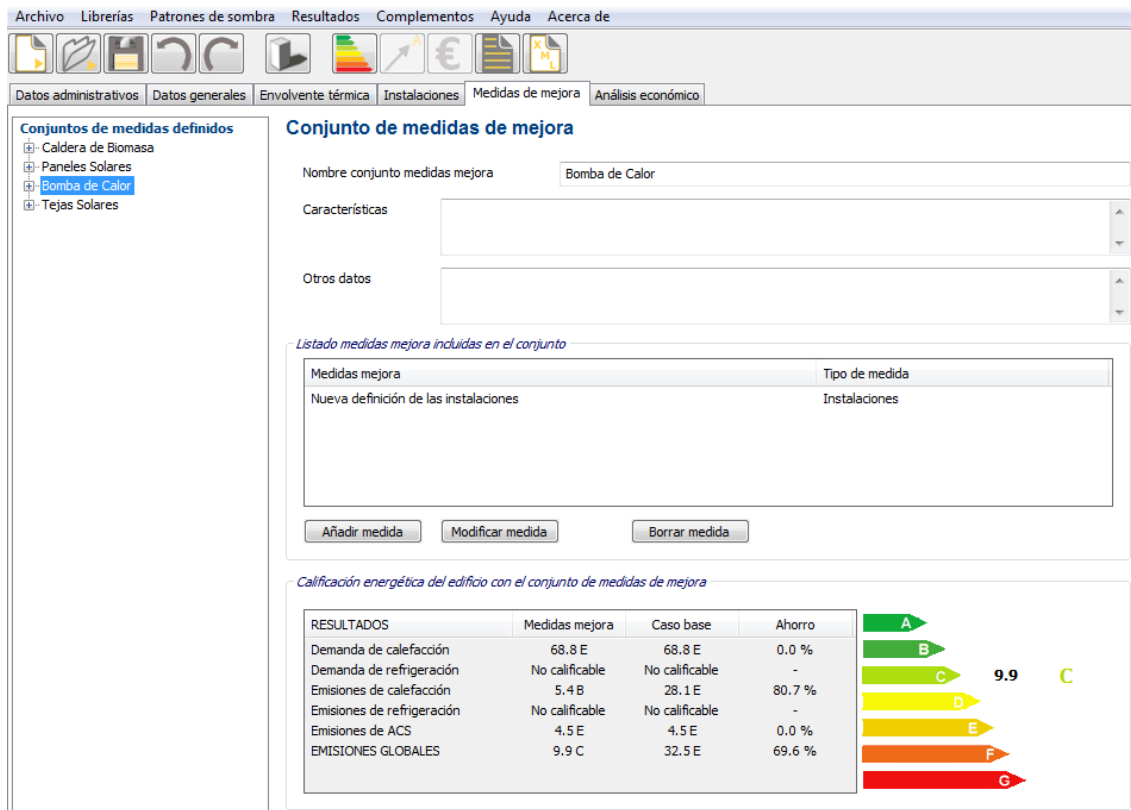
solares.

		Subtotal mano de obra:		13,22
3	Costes directos complementarios			
%	Costes directos complementarios	2,000	328,47	6,57
Coste de mantenimiento decenal: 50,26€ en los primeros 10 años.		Costes directos (1+2+3): 335,04		

Ilustración 45: Instalación de paneles solares fotovoltaicos. Fuente: Generador de precios

5.3. Mejora 3: Bomba de calor

La tercera medida de mejora que propondremos será la de sustituir la antigua caldera por una bomba de calor. Analizando la bomba de calor en el programa CE3X nos establece una calificación energética del edificio de 9,9 C. Esta es la que nos proporciona la mejor calificación energética del edificio.



Conjuntos de medidas definidos

- Caldera de Biomasa
- Paneles Solares
- Bomba de Calor**
- Tejas Solares

Conjunto de medidas de mejora

Nombre conjunto medidas mejora: Bomba de Calor

Características:

Otros datos:

Listado medidas mejora incluidas en el conjunto

Medidas mejora	Tipo de medida
Nueva definición de las instalaciones	Instalaciones

Añadir medida Modificar medida Borrar medida

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	68,8 E	68,8 E	0,0 %
Demanda de refrigeración	No calificable	No calificable	-
Emisiones de calefacción	5,4 B	28,1 E	80,7 %
Emisiones de refrigeración	No calificable	No calificable	-
Emisiones de ACS	4,5 E	4,5 E	0,0 %
EMISIONES GLOBALES	9,9 C	32,5 E	69,6 %

Gráfico de barras de calificación energética (A a G) con el resultado final de 9,9 C.

Ilustración 46: Mejora 3: Bomba de calor

Para esta medida podemos observar que se ha producido una mejora muy significativa, esto se debe a que la bomba de calor es un equipo de aire-aire, para la producción de ACS y calefacción. Se caracteriza por tener un ahorro de emisiones de casi el 70%. Desde un enfoque energético la mejora es muy favorable.

La gran ventaja de las bombas de calor es su capacidad de generar entre 2 y 5 veces más energía útil en forma de calor que la que necesitan para su alimentación que es energía eléctrica. Puesto que no necesitan combustible para su funcionamiento son capaces de multiplicar la potencia que ofrecen en relación a la que consumen.

Por lo tanto al sustituir la bomba de calor por las 48 calderas estándar individuales localizadas en las viviendas proporciona una reducción de las emisiones de CO₂ enormes, debido a que no necesitan realizar la combustión en su proceso de obtención de calor.

Al contrario que la caldera de biomasa esta la tendríamos que colocar en el exterior puesto que es donde sería más eficiente, esta sería en la parte trasera del edificio puesto que es un emplazamiento que está protegida del viento y es una zona soleada lo cual mejora aún más el rendimiento, además de no tener ningún obstáculo que impida la circulación del aire.



Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt42rtc010dWIBka	Ud	Equipo autónomo bomba de calor reversible aire-aire compacto de cubierta (roof-top), modelo Space IPF-1200 "CIAT", de 6316x2205x2095 mm, potencia frigorífica total nominal 276,6 kW (temperatura de bulbo seco en el interior 27°C, temperatura de bulbo seco en el exterior 35°C), potencia frigorífica sensible nominal 190,2 kW (temperatura de bulbo húmedo en el interior 19°C, temperatura de bulbo seco en el exterior 35°C), potencia calorífica nominal 286,5 kW (temperatura de bulbo seco en el interior 20°C, temperatura de bulbo húmedo en el exterior 6°C), EER (calificación energética nominal) 2,6, COP (coeficiente energético nominal) 2,9, potencia sonora 100 dBA, montaje MS00 (toma de aire exterior con compuerta motorizada y compuerta de retorno motorizada), para gas R-410 ^a , equipado con carrocería de chapa de acero galvanizado con aislamiento térmico de 10 mm de espesor, circuito exterior con 6 ventiladores axiales con motor estanco clase F y grado de protección IP54 y batería de tubos de cobre y aletas de aluminio, circuito interior con 1 ventilador centrífugo con 3 turbinas con motor eléctrico	1,000	55725,00	55725,00



**Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora
para un bloque de viviendas**



de 22 kW, filtros de aire reutilizables (prefiltro G4), batería de tubos de cobre y aletas de aluminio, bandeja de recogida de condensados y válvulas de expansión termostáticas, circuito frigorífico con 4 compresores herméticos de tipo scroll, protecciones, cuadro eléctrico y regulación electrónica con microprocesador Gesclima PRO.

			Subtotal materiales:			55725,00
2	Mano de obra					
mo005	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	16,513	19,11	315,56	
mo104	h	Ayudante instalador de climatización.	16,513	17,50	288,98	
			Subtotal mano de obra:			604,54
3	Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	56329,54	1126,59	
Coste de mantenimiento decenal: 36.771,92€ en los primeros 10 años.			Costes directos			57456,13
			(1+2+3):			

Ilustración 47: Instalación de una bomba de calor. Fuente: Generador de precios



5.4. Mejora 4: Paneles solares térmicos

La última medida de mejora que propondremos será la introducción de una instalación de paneles solares térmicos. Introduciendo esta nueva en el programa CE3X nos establece una calificación energética del edificio de 26,9 E.

Conjuntos de medidas definidos

- Caldera de Biomasa
- Bomba de Calor
- Paneles Solares Fotovoltaicos
- Paneles Solares Térmicos**

Conjunto de medidas de mejora

Nombre conjunto medidas mejora: Paneles Solares Térmicos

Características:

Otros datos:

Listado medidas mejora incluidas en el conjunto

Medidas mejora	Tipo de medida
Nueva definición de las instalaciones	Instalaciones

Calificación energética del edificio con el conjunto de medidas de mejora

RESULTADOS	Medidas mejora	Caso base	Ahorro
Demanda de calefacción	68,8 E	68,8 E	0,0 %
Demanda de refrigeración	No califiable	No califiable	-
Emissiones de calefacción	22,5 E	28,1 E	20,0 %
Emissiones de refrigeración	No califiable	No califiable	-
Emissiones de ACS	4,5 E	4,5 E	0,0 %
EMISIONES GLOBALES	26,9 E	32,5 E	17,3 %

Gráfico de barras de calificación energética: A (verde), B (verde), C (verde), D (amarillo), **E (26,9 E) (naranja)**, F (rojo), G (rojo).

Ilustración 48: Mejora 4: Paneles solares térmicos

Para esta medida podemos observar que se ha producido una mejora muy poco significativa, en comparación con la inicial donde no se había introducido ninguna mejora. Desde el punto de vista energético la mejora es poco favorable.

Esta medida permita la generación de agua caliente en el edificio, utilizando la radiación solar captada por los paneles solares térmicos y que es convertida en energía térmica haciendo que las emisiones de CO₂ se reduzcan.

A continuación calcularemos cual es la cantidad de paneles solares térmicos que tendremos que introducir para que se satisfaga al completo la demanda eléctrica.

Conociendo el valor aproximado de la radiación solar que hay en Santander, podremos estimar cual sería el rendimiento de los paneles solares fotovoltaicos a lo largo de todos los meses mediante la siguiente fórmula. Para realizar el cálculo hay que saber que el factor óptico como el coeficiente de pérdidas son valores especificados por el fabricante.

$$\eta = \eta_0 - m \cdot \frac{t_m - t_a}{I}$$

η_0 =Factor óptico

m = Coeficiente de pérdidas



t_m = Temperatura media del colector

t_a = Temperatura ambiente

I = Radiación solar

Tabla 10: Cálculo del rendimiento

	Temperatura mínima	Radiación solar	Nº de horas	Rendimiento
Unidades		Kwh/m ²		%
enero	8	1,6	8	3,7005
febrero	9	2,4	9	24,8355
marzo	11	3,6	9	45,9705
abril	13	4,4	9,5	52,6952
mayo	14	5,2	9,5	57,9605
junio	15	5,8	9,5	61,1293
julio	16	5,7	9,5	61,4695
agosto	15	4,9	9	58,6083
septiembre	14	4,2	9	53,8206
octubre	13	2,9	9	39,9215
noviembre	11	1,7	8	14,2681
diciembre	8	1,6	7,5	8,5879

Pasamos la radiación solar a energía y posteriormente multiplicando por el rendimiento que habría en cada panel podremos saber cuál es la cantidad de energía que en realidad podrán captar los paneles solares por m^2 , esto sería en el caso ideal pero como se producen unas pérdidas que se estiman en torno al 15%, por lo tanto el valor aproximado de energía que será recibida por el sol será:



Tabla 11: Cálculo de la energía radiada por el sol

Radiación solar	Energía	Energía	Rendimiento	Energía útil	Energía recibida por el sol
Kwh/m ²	Mj/m ²	J/m ²	%	Mj/m ²	MJ/m ²
1,6	5,76	5760000	3,7005	0,2131488	0,18117648
2,4	8,64	8640000	24,8355	2,1457872	1,82391912
3,6	12,96	12960000	45,9705	5,9577768	5,06411028
4,4	15,84	15840000	52,6952	8,3469312	7,09489152
5,2	18,72	18720000	57,9605	10,8502146	9,22268241
5,8	20,88	20880000	61,1293	12,763818	10,8492453
5,7	20,52	20520000	61,4695	12,6135414	10,72151019
4,9	17,64	17640000	58,6083	10,338516	8,7877386
4,2	15,12	15120000	53,8206	8,1376812	6,91702902
2,9	10,44	10440000	39,9215	4,1678064	3,54263544
1,7	6,12	6120000	14,2681	0,8732016	0,74222136
1,6	5,76	5760000	8,5879	0,494667	0,42046695

Primero calcularemos la demanda de ACS para el bloque de edificios teniendo en cuenta que es 28 litros/día por persona estimando una media de 3 personas por vivienda y multiplicando por el número de viviendas 48 obtenemos un valor de 5376 litros/día. Como conocemos la temperatura mínima de cada mes y la temperatura media tenemos todos los valores necesarios para su cálculo.



Tabla 12: Demanda de ACS

Criterio de demanda	Litros/día·unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

$$P = \dot{m} * c_p * \Delta T$$

$$\dot{m} = \text{Demanda de ACS} = 5376 \frac{\text{litros}}{\text{día}} = \frac{\text{litros}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ Kg}}{1 \text{ litros}} = 5376 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}$$

$$c_{pH_2O} = 4,186 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg} * ^\circ\text{C}}$$

ΔT = Incremento de temperatura



Tabla 13: Cambio de unidades de la demanda de ACS

	Temperatura mínima	Energía ACS	Energía ACS
	°C	KJ/día	MJ/día
Enero	8	832645,632	832,645632
Febrero	9	810141,696	810,141696
Marzo	11	765133,824	765,133824
Abril	13	720125,952	720,125952
Mayo	14	697622,016	697,622016
Junio	15	675118,08	675,11808
Julio	16	652614,144	652,614144
Agosto	15	675118,08	675,11808
Septiembre	14	697622,016	697,622016
Octubre	13	720125,952	720,125952
Noviembre	11	765133,824	765,133824
Diciembre	8	832645,632	832,645632

Conociendo cual es la cantidad de energía recibida por el sol sobre la superficie del techo y conociendo también la cantidad de superficie necesaria que para satisfacer podemos obtener la cantidad de paneles solares térmicos que serían necesarios.

Tabla 14: Cálculo del número de paneles solares térmicos

Energía recibida por el sol	Superficie necesaria	Cantidad de paneles
MJ/m ²	m ²	
0,18117648	4595,77111	1137,56711
1,82391912	444,176327	109,944635
5,06411028	151,089487	37,3983879



**Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora
para un bloque de viviendas**

7,09489152	101,49922	25,1235692
9,22268241	75,6419862	18,7232639
10,8492453	62,2271929	15,4027705
10,72151019	60,86961	15,0667352
8,7877386	76,8250071	19,0160909
6,91702902	100,855731	24,9642898
3,54263544	203,274078	50,3153658
0,74222136	1030,87012	255,165872
0,42046695	1980,28794	490,170283

En los paneles solares térmicos hay que coger el caso donde la cantidad de paneles es menor puesto que en este caso no se puede vender el excedente a la red.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
				unitario	
1		Materiales			
mt38csg010bj	Ud	Captador solar térmico completo, partido, para instalación individual, para colocación sobre cubierta plana, formado por: dos paneles de 2320x1930x90 mm en conjunto, superficie útil total 4,04 m ² , rendimiento óptico 0,819 y coeficiente de pérdidas primario 4,227 W/m ² K, según UNE-EN 12975-2; superficie absorbente y conductos de cobre; cubierta protectora de vidrio de 4 mm de espesor; depósito de 300 l, con un serpentín; grupo de bombeo individual con vaso de expansión de 18 l y vaso pre-expansión; centralita solar térmica programable; kit de montaje para dos paneles sobre cubierta plana; doble te sonda-purgador y purgador automático de aire.	1,000	2822,04	2822,04
mt38csg100	l	Solución agua-glicol para relleno de	2,720	4,00	10,88



**Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora
para un bloque de viviendas**



captador solar térmico, para una temperatura de trabajo de -28°C a +200°C.

			Subtotal materiales: 2832,92		
2	Mano de obra				
mo009	h	Oficial 1ª instalador de captadores solares.	4,500	19,11	86,00
mo108	h	Ayudante instalador de captadores solares.	4,500	17,50	78,75
			Subtotal mano de obra: 164,75		
3	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	2,000	2997,67	59,95
Coste de mantenimiento decenal: 2.323,79€ en los primeros 10 años.			Costes directos 3057,62 (1+2+3):		

Ilustración 49: Instalación de paneles solares térmicos. Fuente: Generador de precios



5.5. Análisis económico de las mejoras

Una vez terminada la definición de las medidas de mejora, presupuesto y obtenido el resultado de la eficacia energética del edificio, empezaremos a tomar la decisión de cuál sería la medida más viable para implantar en nuestro edificio. Para la elección nos ayudaremos del análisis económico para comprobar la viabilidad.

Hay ciertos beneficios que pueden ser cuantificables (reducción de la contaminación, reducción del coste del combustible...) y sin embargo hay otros que son muy difíciles de cuantificar (mejora de la calidad de vida, mejora de la productividad...). Examinaremos por separado cada medida de mejora para saber cuál es rentabilidad.

Dentro del análisis económico tenemos que analizar la definición de la factura energética, el combustible que utiliza la instalación es de Gas Natural y el consumo anual es de unos 161808 Kwh este valor le obtuvimos comprobando la facturas de una vivienda y multiplicando por el número de viviendas que hay en el edificio y estimando el consumo de los locales en función de la actividad que se realiza. La distribución de consumos la realizamos estimando un valor aproximado.

El software muestra la siguiente interfaz:

- Menú superior:** Archivo, Librerías, Patrones de sombra, Resultados, Complementos, Ayuda, Acerca de.
- Barra de herramientas:** Iconos para guardar, imprimir, zoom, etc.
- Barra de pestañas:** Datos administrativos, Datos generales, Envolverte térmica, Instalaciones, Análisis económico (seleccionada), Medidas de mejora.
- Panel izquierdo:** Facturas > Factura Gas Natural.
- Panel principal:**
 - Título:** Definición de Factura Energética
 - Subtítulo:** Datos de la factura
 - Formulario:**
 - Nombre: Factura Gas Natural
 - Combustible: Gas Natural (seleccionado en un menú desplegable)
 - Consumo anual: 161808 kWh
 - Demandas satisfechas:**
 - ☒ ACS
 - ☒ Calefacción
 - ☐ Refrigeración
 - ☐ Otros
 - Distribución de consumos:**
 - ACS: 20 %
 - Calefacción: 80 %
 - Refrigeración: %
 - Otros: %

Ilustración 50: Definición de factura energética

En la siguiente ventana analizaremos los parámetros económicos pero hay que tener en cuenta que los valores de los combustibles cambian casi todos los días por lo que habría que modificarlos cada vez que usemos el programa.

Además del precio de los combustibles también nos piden el incremento anual del precio de la energía y el tipo de interés o coste de oportunidad. Ambos valores son datos estimados dependerán de la elección de cada uno.



Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora para un bloque de viviendas

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda Acerca de

Datos administrativos Datos generales Envoltente térmica Instalaciones Análisis económico Medidas de mejora

Facturas
Factura Gas Natural

Definición de los parámetros económicos

Precio asociado a los diferentes combustibles

Gas Natural	0.0615	€/kWh
Gasóleo-C		€/kWh
Electricidad	0.13759	€/kWh
GLP		€/kWh
Carbón		€/kWh
Biocombustible		€/kWh
Biomasa no densificada	0.05	€/kWh
Biomasa densificada (pelets)	0.05	€/kWh

Datos económicos

Incremento anual del precio de la energía	6	%
Tipo de interés o coste de oportunidad	3	%

Ilustración 51: Definición de los parámetros económicos

Teniendo en cuenta que ya finalizamos la parte común del análisis económico para todas las medidas de mejora planteadas, comenzaremos a analizar cada una de ellas.

A continuación introduciremos los costes de la inversión, los incrementos de mantenimiento y la vida útil de cada medida de mejora al programa.

Archivo Librerías Patrones de sombra Resultados Complementos Ayuda Acerca de

Datos administrativos Datos generales Envoltente térmica Instalaciones Medidas de mejora Análisis económico

Conjuntos de medidas definidos

- Caldera de Biomasa
- Bomba de Calor
- Paneles Solares Fotovoltaicos
- Paneles Solares Termicos

Valoración económica de las medidas de mejora de eficiencia energética

	Conjunto	Tipo de medida	Vida útil (años)	Coste de medida (€)	Incremento coste mantenimiento anual (€)
1	Caldera de Biomasa	Instalaciones	20	57409.82	-5610.87
2	Bomba de Calor	Instalaciones	25	57456.13	-4517.12
3	Paneles Solares Fotovoltaicos	Instalaciones	20	51261.12	-768.99
4	Paneles Solares Termicos	Instalaciones	20	45864.3	-4182.66

Ilustración 52: Valoración económica de las medidas de mejora



Como podemos observar en la ilustración anterior, tenemos que introducir la vida útil de las medidas de mejora para saber cuál será la rentabilidad futura de inversión. Para la caldera de biomasa tendrá unos 20 años mientras que para los paneles solares fotovoltaicos son de 20 años y la vida útil para la bomba de calor 25 años y para los paneles térmicos son de 20. Además también introduciremos los costes de la medida que son los valores que hemos desarrollado anteriormente con el generador de precios. Sin embargo, para el cálculo del incremento de coste de mantenimiento anual es la diferencia entre el valor de lo que se pagara por la nueva medida menos los que se pagaba con la antigua.

	Conjunto de mejoras	Años - Amortización simple (Análisis facturas)	VAN (€) (Facturas)	Años - Amortización simple (Análisis teórico)	VAN (€) (Teórico)
1	Caldera de Biomasa	10.3	54142.3	6.9	128503.5
2	Bomba de Calor	5.8	253561.9	3.2	554444.4
3	Paneles Solares Fotovoltaicos	20.8	10494.6	20.8	10494.6
4	Paneles Solares Térmicos	7.9	81428.5	5.6	147713.5

Ilustración 53: Resultado del análisis económico

Para finalizar con el análisis económico entraremos en la última pestaña que es la de resultados en la que nos encontramos un tabla en forma de resumen de los valores del VAN “valor actual neto” y de los plazos de amortización de todas y cada una de las medidas mejoras planteadas anteriormente.

Los resultados nos aparecerán de dos formas mediante un análisis teórico que se realiza en función de los resultados de consumos y demandas que tienen el CE3X y un análisis de facturas que se plantea a través de los valores procedentes de estas.

El plazo de amortización simple es el periodo de tiempo que se necesita para costear la inversión inicial realizada mediante el ahorro proporcionado por la medida o periodo a partir del cual se comienza a ganar dinero.

Mientras que el VAN “valor actual neto” se encarga de medir la rentabilidad del proyecto, este indicador permite seleccionar la mejor alternativa de inversión, normalmente se utiliza para inversiones a largo plazo. Las medidas que aceptaremos serán aquellas que tengan un $VAN > 0$ mientras que si el valor actual neto de una medida es cero o menor que cero será descartada de inmediato $VAN \leq 0$.



$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+i)^t} - I_0$$

V_t = flujos de caja

I_0 = valor de la inversión inicial

n = número de periodos

i = tipo de interés

Otro indicativo que nos podría ayudar a tomar una decisión es el TIR “tasa interna de retorno”. Este mide la rentabilidad de la inversión como un porcentaje, se caracteriza por hacer que el $VAN = 0$. Cuanto mayor sea el TIR mayor será la rentabilidad de la medida de mejor. [30]

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0$$

V_t = flujos de caja

I_0 = valor de la inversión inicial

n = número de periodos

i = tipo de interés

La amortización la calcularemos con la siguiente formula:

$$Amortizacion = \frac{A * i}{1 - (1+i)^{-n}}$$

A = coste total de la inversión en el año actual

i = tipo de interés

n = número de periodos

A continuación calcularemos el VAN de una forma diferente a la que lo realizo el programa CE3X debido a que este lo realiza teniendo en cuenta el coste de la energía. Nosotros lo calcularemos de una forma que sepamos cual va a ser el valor de la inversión trayendo los diferentes flujos al presente.

En la siguiente tabla se representan los años que dura la instalación “vida útil”, el coste que supondrá la inversión este valor no hace falta aplicarle el VAN puesto que el coste de la instalación se realizara el año de la instalación, sin embargo los coste de mantenimiento que estimamos constante a lo largo de los años si habría que traerlos al año inicial para saber cual seria el coste total de la instalación. A pesar de que el TIR no viene calculado en el programa lo realizaremos porque es un indicador que ayuda en la toma de decisiones y al tratarse de un estudio de elección de la mejor alternativa de mejora nos ayudara. Los cálculos los realizaremos en Excel aplicando las formulas expuestas anteriormente.



Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora
para un bloque de viviendas

Tabla 15: Resumen del análisis económico de la Caldera de Biomasa

Caldera de Biomasa					
Años	Inversión inicial	Coste de mantenimiento	VAN	TIR (%)	Amortización
0	57409,82	5610,87	5610,87	8,47	5419,08
1	-	5610,87	5171,30		
2	-	5610,87	4766,18		
3	-	5610,87	4392,79		
4	-	5610,87	4048,65		
5	-	5610,87	3731,48		
6	-	5610,87	3439,15		
7	-	5610,87	3169,72		
8	-	5610,87	2921,40		
9	-	5610,87	2692,54		
10	-	5610,87	2481,60		
11	-	5610,87	2287,19		
12	-	5610,87	2108,01		
13	-	5610,87	1942,86		
14	-	5610,87	1790,66		
15	-	5610,87	1650,38		
16	-	5610,87	1521,08		
17	-	5610,87	1401,92		
18	-	5610,87	1292,09		
19	-	5610,87	1190,87		
20	-	5610,87	1097,57		



Tabla 16: Datos más relevantes de la Caldera de Calor

Caldera de biomasa					
Ciclo de vida	Inversión inicial	Coste de mantenimiento	VAN	TIR (%)	Años de amortización
20	57409,82	5610,87	116118,24	8,47	10,59

Tabla 17: Resumen del análisis económico de la Bomba de calor

Bomba calor					
Años	Inversión inicial	Coste de mantenimiento	VAN	TIR (%)	Amortización
0	57409,82	4517,12	4517,12	6,62	9365,08
1	-	4517,12	4163,24		
2	-	4517,12	3837,09		
3	-	4517,12	3536,49		
4	-	4517,12	3259,44		
5	-	4517,12	3004,09		
6	-	4517,12	2768,75		
7	-	4517,12	2551,84		
8	-	4517,12	2351,93		
9	-	4517,12	2167,67		
10	-	4517,12	1997,86		
11	-	4517,12	1841,34		
12	-	4517,12	1697,09		
13	-	4517,12	1564,14		
14	-	4517,12	1441,60		
15	-	4517,12	1328,67		



16	-	4517,12	1224,58
17	-	4517,12	1128,64
18	-	4517,12	1040,22
19	-	4517,12	958,73
20	-	4517,12	883,62
21	-	4517,12	814,40
22	-	4517,12	750,60
23	-	4517,12	691,80
24	-	4517,12	637,60
25	-	4517,12	587,65

Tabla 18: Datos más relevantes de la Bomba de Calor

Bomba de calor					
Ciclo de vida	Inversión inicial	Coste de mantenimiento	VAN	TIR (%)	Años de amortización
25	57409.82	4517,12	108156,01	6,62	6,13

Tabla 19: Resumen del análisis económico de los paneles solares fotovoltaicos

Paneles solares fotovoltaicos					
Años	Inversión inicial	Coste de mantenimiento	VAN	TIR (%)	Amortización
0	51261,12	2768,99	2768,99	10,33	4926,74895
1	-	2768,99	2612,25472		
2	-	2768,99	2464,39124		
3	-	2768,99	2324,8974		
4	-	2768,99	2193,29943		



5	-	2768,99	2069,15041
6	-	2768,99	1952,02869
7	-	2768,99	1841,5365
8	-	2768,99	1737,29858
9	-	2768,99	1638,96093
10	-	2768,99	1546,18955
11	-	2768,99	1458,66939
12	-	2768,99	1376,1032
13	-	2768,99	1298,21056
14	-	2768,99	1224,72695
15	-	2768,99	1155,40278
16	-	2768,99	1090,00262
17	-	2768,99	1028,30436
18	-	2768,99	970,098454
19	-	2768,99	915,187221
20	-	2768,99	863,384171

Tabla 20: Datos más relevantes de los Paneles Solares Fotovoltaicos

Paneles solares fotovoltaicos					
Ciclo de vida	Inversión inicial	Coste de mantenimiento	VAN	TIR (%)	Años de amortización
20	51261,12	2768,99	85790,21	10,33	10,41



Tabla 21: Resumen del análisis económico de los paneles solares térmicos

PANELES SOLARES TERMICOS					
Años	Inversión inicial	Coste de mantenimiento	VAN	TIR (%)	Amortización
0	45864,3	4182,66	4182,66	12,34	5994,68797
1	-	4182,66	3945,90566		
2	-	4182,66	3722,55251		
3	-	4182,66	3511,84199		
4	-	4182,66	3313,05848		
5	-	4182,66	3125,52687		
6	-	4182,66	2948,61025		
7	-	4182,66	2781,70779		
8	-	4182,66	2624,25263		
9	-	4182,66	2475,71003		
10	-	4182,66	2335,5755		
11	-	4182,66	2203,37311		
12	-	4182,66	2078,65388		
13	-	4182,66	1960,99422		
14	-	4182,66	1849,99455		
15	-	4182,66	1745,27788		
16	-	4182,66	1646,48857		
17	-	4182,66	1553,2911		
18	-	4182,66	1465,36896		
19	-	4182,66	1382,42355		
20	-	4182,66	1304,17316		



Tabla 22: Datos más relevantes de los Paneles Solares Térmicos

Paneles solares térmicos					
Ciclo de vida	Inversión inicial	Coste de mantenimiento	VAN	TIR (%)	Años de amortización
20	45864,3	4182,66	98021,74	12,34	7,65



5.6. Informe de CE3X

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Mi vivienda		
Dirección	Avenida de Cantabria		
Municipio	Santander	Código Postal	39012
Provincia	Cantabria	Comunidad Autónoma	Cantabria
Zona climática	C1	Año construcción	1989
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia catastral	5542060VP3154D0098E1		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input checked="" type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual 	
<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local 	

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Adrián Nieto del Soto	NIF(NIE)	72087600B
Razón social	Estudio de Viabilidad	NIF	72087600B
Dirección	Avenida de Cantabria		
Municipio	Santander	Código Postal	39012
Provincia	Cantabria	Comunidad Autónoma	Cantabria
e-mail:	adriannietodelsoto@outlook.es	Teléfono	656686995
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniero de Recursos Energéticos		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ /m² año]

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 10/08/2019

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

Ilustración 54: Informe CE3X

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m ²]	2928.0
Imagen del edificio	Plano de situación
	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² -K]	Modo de obtención
CUBIERTA	Cubierta	1102.0	0.85	Conocidas
Fachada SUR	Fachada	742.9	0.79	Conocidas
Fachada NORTE	Fachada	873.94	0.79	Conocidas
Fachada ESTE farmacia	Fachada	104.39	0.79	Conocidas
Fachada OESTE banco Santander	Fachada	104.39	0.79	Conocidas
Fachada ESTE encimalocales	Fachada	104.39	0.79	Conocidas
Fachada OESTE encimalocales	Fachada	104.39	0.79	Conocidas
A_locales	Partición Interior	374.0	2.17	Por defecto
B_locales	Partición Interior	374.0	2.17	Por defecto

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² -K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Ventanas/Puertas SALON Sur	Hueco	129.6	3.08	0.62	Conocido	Conocido
Ventanas/Puertas TERRAZA Sur	Hueco	112.32	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventanas/Puertas TERRAZA PUERTA Sur	Hueco	82.94	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventanas/Puertas NORTE Ventana Salita	Hueco	74.88	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventanas/Puertas NORTE Ventana escalera	Hueco	36.0	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventanas/Puertas NORTE Puerta Terraza	Hueco	82.94	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventanas/Puertas SALON	Hueco	12.96	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventanas/Puertas BAÑO	Hueco	3.0	1.97	0.51	Conocido	Conocido

Ilustración 55: Informe CE3X



Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora para un bloque de viviendas

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Ventanas/Puertas HABITACION	Hueco	10.8	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventana/Puerta SALON	Hueco	12.96	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventana/Puerta BAÑO	Hueco	3.0	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventana/Puerta HABITACION	Hueco	10.8	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventana/Puerta SALON1	Hueco	12.96	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventana/Puerta BAÑO1	Hueco	3.0	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventana/Puerta HABITACION1	Hueco	10.8	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventanas/Puertas Salon	Hueco	12.96	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventanas/Puertas Baño	Hueco	3.0	1.97	0.51	Conocido	Conocido
Ventanas/Puertas Habitación	Hueco	10.8	1.97	0.51	Conocido	Conocido

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
CALEFACCION	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	4032.0
---	---------------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
CALEFACCION	Caldera Estándar	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

Ilustración 56: Informe CE3X



6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica



Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado [%]			Demanda de ACS cubierta [%]
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Contribuciones energéticas	-	-	60.0	-
TOTAL	-	-	60.0	-

Ilustración 57: Informe CE3X

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	C1	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES


INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
		CALEFACCIÓN		ACS		
		Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² año]	E	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² año]	E	
		28.08		4.46		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
		Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² año]	Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² año]	-	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² año]	-
			0.01		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	0.01	28.84
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	32.51	95198.45

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	163.8 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	F
		132.62		21.01	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	-	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	-
		0.08		-	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]					

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

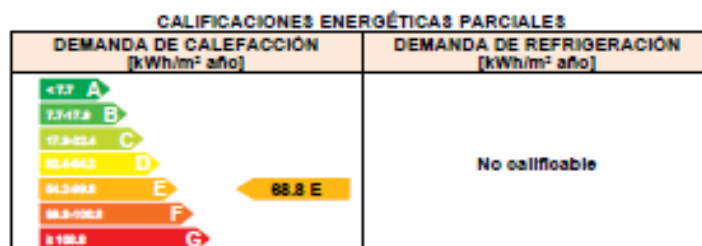
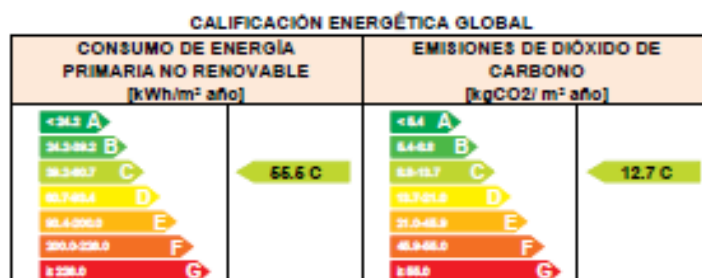
DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<div><div><7.7 A</div><div>7.7-12.8 B</div><div>12.8-20.4 C</div><div>20.4-34.3 D</div><div>34.3-46.3 E</div><div>46.3-100.3 F</div><div>>100.3 G</div></div>	<div>68.8 E</div>	<div>No calificable</div>	
Demanda de calefacción [kWh/m² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m² año]	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiere (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc.). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

Ilustración 58: Informe CE3X

ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Caldera de Biomasa



ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	55.03	22.7%	0.03	0.0%	44.15	-150.0%	-	-%	130.20	-0.9%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	2.92	A 97.8%	0.05	- 0.0%	52.54	G -150.0%	-	-%	55.52	C 63.9%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	1.55	A 94.5%	0.01	- 0.0%	11.13	G -150.0%	-	-%	12.68	C 61.0%
Demanda [kWh/m² año]	68.82	E 0.0%	0.05	- 0.0%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

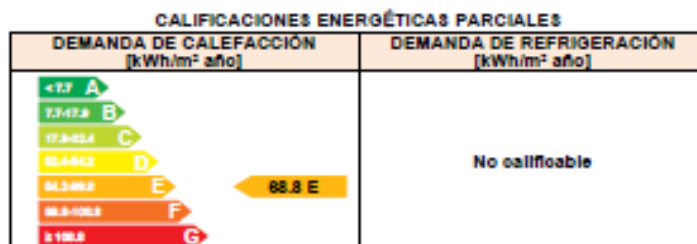
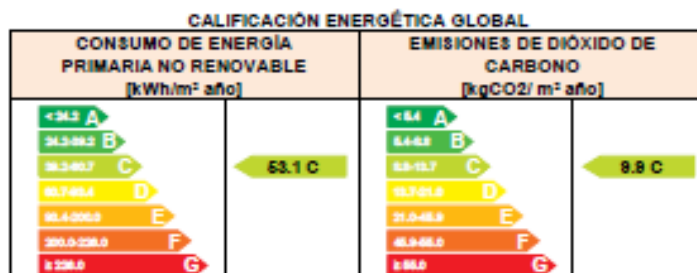
DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida
57409.82 €
Otros datos de interés

Ilustración 59: Informe CE3X



Estudio de la eficiencia energética y propuestas de mejora para un bloque de viviendas

Bomba de Calor



ANÁLISIS TÉCNICO

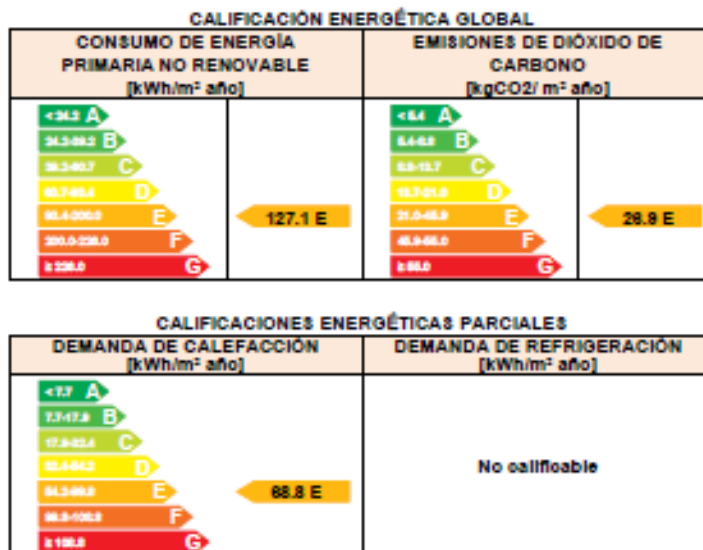
Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	16.39	85.3%	0.03	0.0%	17.66	0.0%	-	-%	34.06	73.6%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	32.02	C 75.6%	0.06	- 0.0%	21.01	F 0.0%	-	-%	53.09	C 65.4%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	5.42	B 80.7%	0.01	- 0.0%	4.45	E 0.0%	-	-%	9.88	C 69.6%
Demanda [kWh/m² año]	68.82	E 0.0%	0.06	- 0.0%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida
57456.13 €
Otros datos de interés

Ilustración 60: Informe CE3X

Paneles Solares Térmicos



ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	89.09	20.0%	0.03	0.0%	17.66	0.0%	-	-%	106.78	17.3%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	106.02	E 20.0%	0.06	- 0.0%	21.01	F 0.0%	-	-%	127.09	E 17.3%
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m² año]	22.45	E 20.0%	0.01	- 0.0%	4.45	E 0.0%	-	-%	26.91	E 17.3%
Demanda [kWh/m² año]	68.82	E 0.0%	0.06	- 0.0%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.



DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida 45864.3 €
Otros datos de interés

Ilustración 61: Informe CE3X


ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Paneles Solares Térmicos

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m² año)	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m² año)
	
127.1 E	28.9 E

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m² año)	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m² año)
	No califiable
68.8 E	

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	89.09	20.0%	0.03	0.0%	17.66	0.0%	-	-%	106.78	17.3%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	106.02	20.0%	0.06	0.0%	21.01	0.0%	-	-%	127.09	17.3%
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m² año]	22.45	20.0%	0.01	0.0%	4.45	0.0%	-	-%	26.91	17.3%
Demanda [kWh/m² año]	68.82	0.0%	0.06	0.0%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Coste estimado de la medida 45864.3 €
Otros datos de interés

Ilustración 62: Informe CE3X



ANEXO IV
PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL
TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	10/08/2019
--	------------

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR

Ilustración 63: Informe CE3X



6. Conclusión: Elección de la mejor alternativa

Las opciones que descartaremos de manera inicial serán las mejoras 2 y 4 que son los paneles solares fotovoltaicos y los paneles solares térmicos respectivamente debido a que sus calificaciones energéticas son muy bajas y además el precio de las mejoras también son demasiado elevados. Por otra parte tenemos las otras dos medidas de mejora que en cuanto a precio son muy similares y también tienen unas calificaciones energéticas muy buenas.

Para ayudarnos en la decisión realizaremos el método de ordenación simple, este método se define como el criterio de las alternativas que se colocan en una escala de 1 a n donde n es el número de alternativas. Este método consiste en sumar todos los valores y el que menos puntuación tenga es la mejor opción y la que más tenga es la peor. Los valores irán desde 1 hasta 5, siendo el 1 la mejor puntuación y 5 la peor. [31]

Tabla 23: Comparativa de las diferentes mejoras

Criterios	Mejora 1: Caldera de biomasa	Mejora 3: Bomba de calor
Ventajas y desventajas	2	3
Impacto ambiental	3	2
Contaminación y emisiones atmosféricas	3	2
Clasificación energética	2	1
Inversión inicial	4	4
Vida útil	2	1
Coste de mantenimiento	1	2
Coste del combustible	2	1
TOTAL	19	16

De las dos alternativas que hemos presentado para la mejora de la calificación energética del edificio se establece que la alternativa más eficaz será la mejora 3 “Bomba de calor”.



7. Bibliografía

- [1] «Foro ciudad cantabria,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.foro-ciudad.com/cantabria/santander/habitantes.html>. [Último acceso: diciembre 2018].
- [2] «Instituto Cantabro de estadística,» [En línea]. Available: <https://www.icane.es/>. [Último acceso: 15 diciembre 2018].
- [3] «Informe del mercado de trabajo de Cantabria,» Cantabria, 2017.
- [4] «meteocantabria,» [En línea]. Available: <https://www.meteocantabria.es/meteocantabria/historico/filtrar>. [Último acceso: 18 diciembre 2018].
- [5] «Resumen mensual de la radiacion solar,» [En línea]. Available: http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/radiacion_ozono/radiacion_solar/2019/InformeRad_Solar_2019_02.pdf. [Último acceso: 20 diciembre 2018].
- [6] «Parque de la vaguada de las llamas,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Parque_de_la_vaguada_de_Las_Llamas. [Último acceso: 23 diciembre 2018].
- [7] «Energía solar,» [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/>. [Último acceso: 12 enero 2019].
- [8] «Tipos de células fotovoltaicas y su estructura,» [En línea]. Available: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/celula-fotovoltaica-tipos-y-estructura/>. [Último acceso: 23 enero 2019].
- [9] «Instalación de paneles solares fotovoltaicos,» [En línea]. Available: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/como-funciona-la-energia-solar-termica/>. [Último acceso: 15 Agosto 2019].
- [10] «anbelo,» [En línea]. Available: <http://www.anbelosolar.com/ventajas-e-inconvenientes-de-la-energia-solar-fotovoltaica/>. [Último acceso: 25 enero 2019].
- [11] «Impactos ambientales de los sistemas fotovoltaicos,» [En línea]. Available: http://www.labri.fr/perso/billaud/Helios2/resources/es15/Chapter_15_ES.pdf. [Último acceso: 23 enero 2019].
- [12] «Paneles solares térmicos,» [En línea]. Available: <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/como-funciona-la-energia-solar-termica/>. [Último acceso: 20 Agosto 2019].



- [13] «Aplicacion de celulas solares termicas,» [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/aplicaciones>. [Último acceso: 19 agosto 2019].
- [14] «Tipos de paneles solares termicos,» [En línea]. Available: <https://energiasolarfotovoltaica.org/tipos-de-paneles-solares-termicos>. [Último acceso: 20 Agosto 2019].
- [15] «Ventajas e inconvenientes,» [En línea]. Available: <https://www.baenasolar.es/noticias/121-como-functiona-una-instalacion-de-energia-solar-termica>. [Último acceso: 20 Agosto 2019].
- [16] «Acciona,» [En línea]. Available: https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/?gclid=EAIaIQobChMI_pO_uLLt3QIVSflRCh1pcwOWEAAYASAAEglj_D_BwE. [Último acceso: 15 enero 2019].
- [17] J. M.C, «lavozdelmuro,» 21 junio 2016. [En línea]. Available: <https://lavozdelmuro.net/sabes-lo-que-son-las-tejas-solares-pueden-ahorrarte-mucho-dinero/>. [Último acceso: 23 enero 2019].
- [18] P. C. Alonso, *G605- Renewable and alternative energies*, Cantabria, 2018.
- [19] «tipos de biomasa,» [En línea]. Available: <http://www.plantasdebiomasa.net/tipos-de-biomasa.html>. [Último acceso: 22 febrero 2019].
- [20] «impacto ambiental biomasa,» [En línea]. Available: <http://www.fao.org/docrep/v6204s/v6204s06.htm>. [Último acceso: 23 febrero 2019].
- [21] «IMARTEC BIOMASS ENERGY EVOLUTION,» [En línea]. Available: <https://www.imartec.es/es-realmente-la-biomasa-neutra-en-emisiones-de-carbono/>. [Último acceso: 22 febrero 2019].
- [22] «Impacto ambiental de la biomasa,» [En línea]. Available: https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia/impacto_ambiental_de_la_biomasa.asp. [Último acceso: 22 febrero 2019].
- [23] «medioambiente bomba de calor,» [En línea]. Available: https://medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100/1235466357907/_/_/_. [Último acceso: 15 febrero 2019].
- [24] «efENERGIA,» [En línea]. Available: <https://www.efenergia.com/instalaciones-eficiencia-energetica/termicas/bombas-de-calor/#Condensador>. [Último acceso: 2 febrero 2019].
- [25] «gasnature,» [En línea]. Available: <https://www.gasnature.com/actualidad/qu%C3%A9-son-las-bombas-de-calor-y-sus-principales-ventajas>. [Último acceso: 22 febrero 2019].



- [26] «Manual de usuario de calificación energética de edificios existentes CE3X,» [En línea].
Available: http://www6.mityc.es/aplicaciones/CE3X/Manual_usuario%20CE3X_05.pdf.
[Último acceso: 3 marzo 2019].
- [27] «Consumo diario de ACS en el certificado energético,» [En línea]. Available:
<https://www.certificadosenergeticos.com/consumo-diario-ac-s-certificado-energetico>.
[Último acceso: 3 marzo 2019].
- [28] I. F. Diego, *G-595 Termodinámica y máquinas térmicas*, Cantabria, 2012.
- [29] J. C. Haya, *G606- Transformación y uso eficiente de la energía*, Cantabria, 2019.
- [30] R. H. Rodríguez, *G599- Proyectos energéticos*, Cantabria, 2013.
- [31] J. C. C. Jordana, *G598- Impacto ambiental en la producción energética*, Cantabria, 2018.